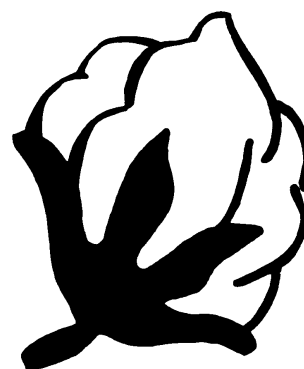


**Amélioration de la commercialisation du coton
produit dans les zones affectées par le collage**

Rapport Final du Projet CFC / ICAC / 11

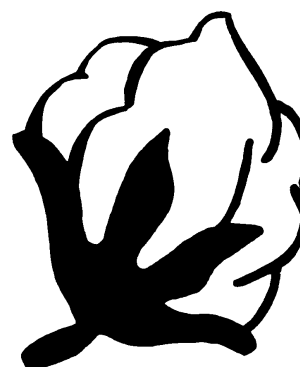


Amélioration de la commercialisation du coton produit dans les zones affectées par le collage

Rapport Final du Projet CFC / ICAC / 11

GOURLOT J.-P., FRYDRYCH R., Editeurs Scientifiques

Projet financé par le Common Fund for Commodities
Et parrainé par l'International Cotton Advisory Committee



BAILLEUR DE FONDS

Common Fund for Commodities
Stadhouderskade 55
1072 AB Amsterdam
The Netherlands
Tel : ++31 20 575 4949
Fax : ++ 31 20676 0231
Site Internet : www.common-fund.org

PARRAINAGE DE LA RECHERCHE

International Cotton Advisory Committee
1629 K street NW, suite 702
Washington , DC 20006
USA
Tel : ++1 202 463 66 60
Fax : ++ 1 202 463 69 50
Site Internet : www.icac.org

Ce rapport a été préparé par le projet. Les opinions exprimées ne sont pas nécessairement partagées par le *Common Fund for Commodities* et/ou l'*International Cotton Advisory Committee*.

Les désignations employées et les représentations matérielles mentionnées dans ce rapport n'impliquent en rien l'expression de quelque opinion quelle qu'elle soit de la part du *Common Fund for Commodities* (CFC) ou de l'*International Cotton Advisory Committee* (ICAC) concernant le statut légal de chaque pays, territoire, ville ou zone ou de leur autorité, ou concernant le tracé de leurs frontières.

Le contenu de ce rapport ne doit pas être copié, stocké dans un système de base de données ou transmis sous quelque forme que ce soit sans l'autorisation écrite du *Common Fund for Commodities*; excepté que des extraits raisonnables peuvent être faits pour des propos non-commerciaux à condition que le *Common Fund for Commodities* et l'*International Cotton Advisory Committee* soient mentionnés. Les vues exprimées dans ce rapport et les présentations faites lors du séminaire sont celles de leurs auteurs respectifs. Ces vues ne sont pas nécessairement partagées par le *Common Fund for Commodities* et l'*International Cotton Advisory Committee*.

Référence de l'ouvrage : GOURLOT J.-P., FRYDRYCH R., éditeurs scientifiques, 2001. Improvement of the Marketability of Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness. Rapport technique No 17, version française. Montpellier, France, CIRAD, CFC - Technical report.

Edition : GOURLOT J.-P.

Edition des pages de couverture : Dist, Service des éditions, CIRAD.

Impression : CIRAD.

Photographie de page de couverture : Bruno Bachelier : Capsule ouverte de coton.

Produit par CIRAD, France.

© Common Fund for Commodities, 2001.

ORGANISMES PARTICIPANT A CE PROJET

Sudan Cotton Company Limited
P.O. box 1672
Khartoum
Sudan
Tel : ++249 11 77 60 53
Fax : ++ 249 11 77 07 03
Email : sccl@sudanmail.net

CIRAD-CA
Laboratoire de technologie cotonnière
TA 70/16
34398 Montpellier Cedex 05
France
Tel : ++33 467 61 58 00
Fax : ++33 467 61 56 67
Site Internet : www.cirad.fr

Agricultural Research Corporation
GEZIRA RESEARCH STATION
COTTON RESEARCH PROGRAM
Wed Medani
Sudan
Tel : ++249 511 43215
Fax : ++249 511 43213
Email : cotarc@sudanmail.net

Institut Français du Textile et de l'Habillement (IFTH)
2 rue de la recherche
59656 Villeneuve d'Ascq cedex
France
Tel : ++33 3 20 19 74 00
Fax : ++ 33 3 20 47 47 16
Site Internet : www.itf.fr

Pour toute information technique concernant ce rapport, merci de prendre contact avec Sudan Cotton Company et/ou CIRAD.

Avant-propos

Le secteur du coton est d'une importance économique et sociale majeure pour beaucoup de pays en voie de développement. Il apporte du travail, des salaires et des revenus à l'exportation. Comme tout produit naturel, le coton est sujet aux incertitudes inhérentes aux productions agricoles. Quoique des produits chimiques soient appliqués pour limiter le nombre des insectes nuisibles à un certain niveau, la protection n'est pas complètement effective. Le projet s'est concentré sur comment gérer au mieux ce problème spécifique, à savoir le collage du coton causé par les excréments sucrés des pucerons et des mouches blanches (*Aphis gossypii* et *Bemisia tabaci*). Le collage affecte environ un quart de toute la production de coton.

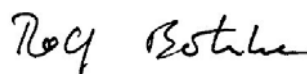
Des recherches ont été initiées pour protéger au mieux le coton du collage quand il est encore au champ (e.g. dans le cadre du projet finalisé financé par le CFC, intitulé *Integrated Pest Management for Cotton* luttant principalement contre les mouches blanches et les pucerons). Moins de travail a été conduit sur ce qui peut encore être fait des cotons affectés par le collage. Comme le collage perturbe les chaînes modernes de transformation à haute productivité, les producteurs de coton font face à de déperditions financières sévères quand ils vendent du coton en provenance de zones suspectées de contaminations. Comme le collage est difficile à identifier par inspection visuelle, les déperditions financières sont appliquées sans discernement, et touche également les cotons propres produits dans les zones infestées.

Le projet actuel concernait spécifiquement au développement de méthodes fiables pour déterminer le niveau de collage des balles de coton et l'établissement, dans des conditions industrielles, de différents seuils de filature de cotons de niveaux de collage différents. Une évaluation économique d'un classement du collage dans les balles de coton dans une utilisation quotidienne par une compagnie commerciale a également été incluse dans sa conception.

Le projet a commencé en 1997 et a été réalisé sous la responsabilité générale de la *Sudan Cotton Company Ltd*, en travaillant en partenariat proche avec le Laboratoire de Technologie Cotonnière du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD). La supervision technique et les orientations ont été apportées par l'*International Cotton Advisory Committee* (ICAC).

Ce rapport technique est un reflet des résultats obtenus au cours du projet. Il est publié, en accord avec les règles du CFC, de manière à partager les expériences acquises dans ce projet avec les autres pays membres du *Common Fund Member* qui ont un intérêt pour le sujet.

C'est l'espoir du *Common Fund for Commodities* que cette publication soit utile à des groupes appartenant à la fois au Gouvernements et au secteur privé, qui sont impliqués dans la production et/ou le commerce du coton.



Dr. Rolf W. Boehnke
Managing Director
Common Fund for Commodities

Sommaire

Avant-propos.....	7
Remerciements.....	11
Résumé général.....	13
Chapitre 1. Introduction.....	15
1.1. Justification du projet et ses objectifs.....	15
1.2. Cohérence avec la stratégie de l'ICAC pour le développement du coton.....	16
1.3. Description des composantes du projet.....	17
Chapitre 2. Composante A : Test et évaluation de méthodes pour établir le niveau de collage du coton.....	19
2.1. Equipements utilisés pendant ce projet pour mesurer le collage.....	21
2.1.1. Le thermodétecteur SCT.....	21
2.1.2. High Speed Stickiness Detector.....	22
2.1.3. High Performance Liquid Chromatography (HPLC).....	22
2.1.4. Procédure standardisée d'échantillonnage.....	22
2.2. Discussion – Conclusion.....	23
2.3. Expérimentation sur 5% de la production soudanaise avec le SCT.....	24
2.3.1. Objectif.....	24
2.3.2. Introduction.....	24
2.3.3. Matériels et méthodes.....	24
2.3.4. Résultats et discussion.....	24
2.3.5. Conclusion.....	25
2.4. Test et évaluation de méthodes pour établir le niveau de collage du coton. Méthodes d'échantillonnage dans les balles de coton : Application à une classification commerciale du coton au Soudan avec le SCT.....	27
2.4.1. Introduction.....	27
2.4.2. Matériels et méthodes.....	27
2.4.3. Résultats.....	29
2.5. Variabilité du collage et faisabilité d'un classement commercial avec le H2SD.....	32
2.5.1. Objectif.....	32
2.5.2. Matériels et méthodes.....	32
2.5.3. Résultats et discussion : Distribution intra-balle du collage.....	32
2.5.4. Risque de litige dans une classification qualitative : définition et méthode de contrôle.....	32
1.2. Expérimentation complémentaire : expérimentation avec 7680 échantillons prélevés sur tout le pays.....	37
1.2.1. Objectif.....	37
1.2.2. Matériels et méthodes.....	37
1.2.3. Résultats et discussion.....	38
1.2.4. Conclusion.....	38
1.3. Etendue et variabilité du collage pendant la campagne 1998 au vu des résultats SCT et H2SD... ..	40
1.3.1. Objectif.....	40
1.3.2. Matériels et méthodes.....	40
1.3.3. Résultats.....	40
1.3.4. Discussion.....	42
1.3.5. Conclusion : recommandations pratiques pour la classification.....	42
1.4. Conclusions générale pour la composante A.....	44
Chapitre 2. Composante B : Développement d'un seuil pour la transformation économique des cotons collants.....	47
2.1. Filature cardée de cotons collants : effet du collage sur la productivité et la qualité du fil.....	50
2.1.1. Objectif.....	50
2.1.2. Matériels et Méthodes.....	50
2.1.3. Résultats et Discussion.....	52
2.1.4. Conclusions.....	55
2.2. Expérimentation spécifique à faible humidité relative à ITF.....	61
2.3. Effet du collage en cycle peigné.....	61
2.3.1. Objectif.....	61
2.3.2. Matériels et méthodes.....	61
2.3.3. Résultats et discussion.....	63
2.3.4. Conclusion sur le cycle peigné.....	64
2.4. Propriétés des mesures H2SD : proportionnalité entre pourcentage de coton collant et les résultats H2SD, dérive par rapport au temps et indépendance entre mesures successives.....	65
2.4.1. Objectif.....	65
2.4.2. Conclusion.....	65

2.5.	<i>Effets de l'humidité relative sur la filature et la qualité</i>	66
2.5.1.	Objectif	66
2.5.2.	Matériels et méthodes	66
2.5.3.	Résultats et discussion	66
2.5.4.	Conclusion	68
2.6.	<i>Conclusion générale pour la composante B</i>	69
Chapitre 3. Composante C : Evaluation de la viabilité financière du procédé, formation, dissémination des résultats du projet au travers de présentations, publications et transfert de technologie		73
3.1.	<i>Viabilité économique de balles séparées qualitativement pour la mesure de collage par H2SD</i> ...	75
3.1.1.	Situation actuelle au Soudan	75
3.1.2.	Estimation du coût d'une classification au Soudan avec le H2SD	75
3.1.3.	Conditions de classification avec le H2SD	76
3.1.4.	Nombre de H2SD	76
3.1.5.	Cotons de référence (cotons standard)	76
3.1.6.	Consommation de feuilles d'aluminium	76
3.1.7.	Main d'œuvre.....	76
3.1.8.	Rentabilité de la classification	77
3.2.	<i>Application numérique</i>	78
3.3.	<i>Conclusion</i>	79
3.4.	<i>Dissémination des résultats</i>	80
3.4.1.	Publications	80
3.4.2.	Présentations	80
3.4.3.	Posters.....	80
3.4.4.	Séminaires	80
3.4.5.	Autres informations	81
Chapitre 4. Conclusion finale		83
4.1.	<i>Classification qualitative du collage</i>	83
4.2.	<i>Mesure du collage et relation avec les problèmes en filature</i>	84
4.3.	<i>Viabilité financière de la classification</i>	85
4.4.	<i>Solutions pour réduire les conséquences du collage</i>	85
4.5.	<i>Perspectives</i>	86
Abréviations et acronymes		87

Remerciements

Ce rapport a été préparé par M. Jean-Paul Gurlot, Dr. Richard Frydrych, Dr. Omar Fonteneau-Tamime, Dr. Abdin Mohamed Ali from SCC, Dr. Ahmed Fadlala from ARC, Dr. Bruno Bachelier, Dr. Eric Gozé, avec l'aide de M. Gérard Gawrysiak, Dr. Jean-Philippe Deguine.

Nos remerciements particuliers sont adressés à l'ICAC pour avoir parrainé le projet et au CFC pour son financement. Merci à Dr. Rafiq Chaudry de l'ICAC et Dr. Sietse van der Werff du CFC pour leur implication dans l'organisation pratique de ce travail de recherche et leur assistance tout au long du projet.

Nous aimerions remercier Dr. Abdin Mohamed Ali de la SCC qui a rendu toutes ces expérimentations possibles au sein de sa compagnie avec l'aide de l'ARC. Nous remercions également M. Abdallah (SCC), Mme Fatma Shoke et M. Habiela Doudo (SCC) pour leur travail excellent au Soudan. Un grand merci également est adressé à M. Mutasin Yousif (SCC) pour ses contributions fructueuses dans l'analyse statistique des résultats.

La plupart des expérimentations de la 'Composante A' ont été réalisées par l'ARC, à Wad Medani. Nous voudrions remercier Dr. Ahmed Fadlala, M. Abdelahmane Latif et leurs collègues pour le travail très important réalisé sur le projet.

Toutes les expérimentations en filature industrielle de la 'Composante B' ont été réalisées à l'Institut Textile de France (maintenant dénommé Institut Français du Textile et de l'Habillement) à Lille, France. Merci pour le travail et la disponibilité de Dr. Bernard Deltète, M. Jacques Edmée, M. Marc Derradji, M. Thierry Le Blan et leurs équipes dans les ateliers. Merci également à M. Alain Dobat, comptable au sein de IFTH pour le suivi financier et comptable du projet.

Un grand merci à M. Christian Lebrun et M. Bernard Lebrun de la SERCOM à Montpellier et à M. Michel Giner du Cirad pour leur contribution à l'amélioration des appareils de mesure.

Nos remerciements vont également à M. Pierre Bouschet de l'ANVAR pour le financement des recherches de développement et d'amélioration des appareils de mesure.

Nous voudrions remercier la filature Caulliez Frères de nous avoir permis d'utiliser leurs équipements de préparation au peignage et leurs peigneuses afin de réaliser quelques expérimentations spécifiques.

Merci à M. Mike Watson et son équipe de Cotton Incorporated pour leurs contributions au projet, et l'aide qu'ils ont apportée dans la mesure du collage.

Nos remerciements particuliers s'adressent à Dr. Dean Ethridge et M. Eric Hequet pour la réalisation des tests HPLC au sein de leur International Textile Center à Lubbock, Texas, USA.

Nous aimerions également remercier Pr. Hubert Manichon, Pr. Alain Capillon et Dr. Jean-Philippe Deguine (Cirad-ca) pour leur soutien inconditionnel tout au long du projet.

Les autres expérimentations ont été conduites au Laboratoire de Technologie Cotonnière du Cirad. Nous voudrions remercier M. Serge Lassus, M. Jean-Charles Nieweadoński, M. Philippe Francalanci pour leur travail en micro-filature et mesure du collage. Nos remerciements s'adressent également à Mme Michèle Vialle, Mme Chantale Brunissen, Mme Sandrine Duplan pour la réalisation des caractérisation physique des fibres réalisée sur tous les échantillons collectés. Merci à Mme Hélène Guillemain et Mme Dominique Braye pour toutes les activités de secrétariat tout au long du projet. Nos gestionnaires et comptables M. Hervé Gace, M. Benoit Cervello, Mme Annie Di Malta méritent également nos remerciements pour leur contribution à la réalisation des rapports d'activité périodiques. Un grand merci également à M. Claude Freud pour ses commentaires constructifs dans la réalisation des études économiques.

N'oublions pas que tout a été initié par M. Eric Hequet qui a débuté le projet en 1995 ; qu'il en soit remercié. Merci également à M. Jean-Luc Chanselme pour l'encadrement du projet pendant une année.

Résumé général

Une balle est déclarée ‘collante’ si, durant une étape de transformation, par exemple la filature, son niveau de collage perturbe la transformation, induisant une réduction des performances des machines de filature et/ou induit une production de produits de moindre qualité. Pour mesurer le collage, une méthode de mesure rapide et fiable est nécessaire, pour produire des résultats bien corrélés au rendement des machines industrielles et aux caractéristiques de qualité des fils produits. Dans ces études, nous avons mis en évidence une méthodologie de management de la production et mis au point une méthode de classification commerciale.

Il doit être mentionné qu’une classification nécessite un instrument de mesure, des conditions optimales autour de cet instrument et une organisation appropriée de production du coton. Ainsi, quatre étapes ont été initiées pour évaluer la faisabilité d’une classification commerciale sur le collage :

1. Il a été d’abord nécessaire de vérifier si les appareils de mesure étaient efficaces dans un environnement d’une classification commerciale. Parmi les outils évalués, le thermodétecteur SCT, HPLC et H2SD, le H2SD semble être le plus adapté pour mesurer le collage dans des conditions de classification commerciale, car il est prédictif des casses en filature (cycle open-end, cycle cardé classique à anneau et curseur, cycle peigné), il est rapide et ne montre pas d’effet opérateur. Cependant, le thermodétecteur SCT peut être utilisé au niveau d’un laboratoire.
2. Lors des études sur l’étendue et la variabilité du collage dans les balles de coton, au sein des lots et des zones usine, nous avons observé :
 - Une large variabilité intra-balle, intra-lot, intra-bloc de production et intra-usine d’égrenage. Parmi les zones de production, certaines zones produisent du coton qui peut être considéré comme non-collant.
 - La distribution des points collants peut être raccordée à une loi de distribution agrégative. Cependant, dans les conditions de production soudanaises, aucune loi générale n’a pu être isolée au vu des données collectées.
 - Il a ainsi été impossible de déduire un risque de litige spécifique entre vendeurs et acheteurs de coton.
3. Une classification qualitative requiert un seuil au delà duquel le coton sera considéré comme collant. Ainsi, les recherches ont porté sur l’effet du collage sur la productivité et la qualité des fils dans un processus de filature. Il en a été déduit qu’un seuil unique pour séparer les cotons collants de ceux qui ne le sont pas pour toutes les conditions de filature dans toutes les filatures ne peut pas être trouvé car les expériences, techniques de transformations, ..., peuvent être très différentes. Ce seuil devra donc être négocié pour chaque contrat entre vendeurs et acheteurs. Les incidences économiques devront être discutées en conséquence.
4. La viabilité économique d’une classification sur le collage a été réalisée. Cette classification qualitative est viable si la distribution du collage est plus centrée sur les faibles pourcentages de fibres contaminées et si les hypothèses que nous avons formulées se vérifient.

Deux autres expérimentations ont été réalisées pour réduire l’incidence du collage du coton.

- Diminuer l’humidité relative pendant les étapes de transformation : ceci améliore la productivité et la qualité avec un meilleur impact sur la productivité. Cependant, à des humidités relatives plus faibles, d’autres problèmes peuvent apparaître.
- Un mélange binaire de coton non-collant avec du collant : cela réduit le niveau de collage du coton à filer au vu des résultats H2SD. Le niveau de collage d’un mélange peut être déduit en calculant la moyenne des différents constituants du mélange pondérée par leur pourcentage dans le mélange, si le coton collant montre moins de 50 points collants H2SD.

Combattre le collage requiert une approche globale où les résultats de l’amélioration variétale, en agronomie, en lutte contre les insectes, en technologie doivent être combinées. La classification commerciale est un des outils pour lutter contre le collage. Les résultats de mesure peuvent aider, au travers d’une cartographie, à développer de nouvelles méthodes de conduite de culture pour réduire le collage, comme la création variétale, l’organisation de la production, etc.

A long terme, la classification devrait être économiquement viable et devrait améliorer l’image du coton soudanais.

Chapitre 1. Introduction

Ce rapport est organisé en accord avec l'*Appraisal Report* comme suit :

- Premièrement, une description globale du projet et de sa situation sont donnés grâce à un extrait de l'*Appraisal Report* (en anglais pour faire référence) négocié entre les différents participants au projet. Ainsi, quelques informations sur la situation du coton décrites ici peuvent avoir changé du fait des évolutions financières, économiques ou techniques.
- Chacune des trois composantes du projet est décrite par un extrait de l'*Appraisal Report* (avec la même remarque que précédemment), et par les différentes expérimentations qui ont été réalisées. Pour chacune de ces expérimentations, une description complète du matériel et méthode est donnée, suivie des résultats et discussion, puis viennent les figures ou toute information utile concernant ces expérimentations. A la fin de chaque composante, les remarques et conclusions sont données ainsi que leurs conséquences pratiques pour l'organisation de la filière coton.
- Composante A : Méthodes de test et d'évaluation du degré de collage du coton. Le lecteur pourra en savoir plus sur les méthodes de mesure utilisée lors du projet : ainsi, leur description sont données dans ce chapitre. Ceci est rendu nécessaire car le lecteur doit savoir quelques détails techniques sur les appareils de mesure avant de lire les discussions sur la capacité de ces appareils à caractériser le collage.
- Composante B : Développement d'un seuil pour la transformation économique des cotons collants.
- Composante C : Evaluation de la viabilité financière d'une classification commerciale, formation, circulation des résultats du projet au travers de présentations, publications et transfert technologique.

A la fin de ce rapport, une conclusion générale du projet résume les principaux résultats obtenus ainsi que leurs implications.

Note : Les actes du séminaire de fin de projet qui a eu lieu à Lille, France, du 2 au 4 juillet 2001 sont disponible en ouvrage séparé et peuvent être obtenus sur demande au Common Fund for Commodities ou au Cirad.

1.1. Justification du projet et ses objectifs

Le problème du collage est très complexe car il peut être dû, entre autres, aux facteurs suivants : les contaminations variées (débris de coque, neps, insecticides, huiles, etc.) ; les sucres physiologiques, principalement composés de sucres réducteurs et de sécrétions des nectaires ; et les sucres entomologiques composés de sucres réducteurs et non-réducteurs (miellats). Cette dernière catégorie a, ces dernières années, été la forme la plus répandue de contamination, et est à l'origine de recherches sur projet financé par le CFC en Israël, Egypte, Ethiopie et au Zimbabwe, relatif à la réduction du collage au travers du développement de méthodes de protection des cultures basées sur les principes de la lutte intégrée. Le projet actuel concerne les étapes post-récolte de la production cotonnière.

La présence de collage n'est pas limitée à un ou quelques pays. Ce phénomène, qui était de faible importance au début des années 1980, semble se généraliser. Une enquête menée par l'*International Textile Manufacturers Federation* (ITMF) sur 235 filatures dans 30 pays a montré que le problème du collage a augmenté. Selon le rapport de l'ITMF intitulé '*Cotton Contamination Survey, 1995*' 20%

des échantillons testés étaient collants à divers degrés, et cela continue à être le cas dans les enquêtes plus récentes. Le collage est devenu un problème mondial. Pendant ces dernières années, l'industrie cotonnière, depuis le producteur jusqu'au filateur, est très sensible aux problèmes relatifs au collage et a tenté d'y trouver un remède.

Les cotons collants occasionnent des perturbations en filature, saturant les cardes, les tables d'alimentations et les turbines open end. En plus des arrêts fréquents de production qui requièrent le nettoyage des machines, ces dépôts collants occasionnent également des irrégularités dans les rubans de carde, aux étirages, et favorisent la production de moindre qualité. Quand le collage est présent, la seule solution réside dans la séparation des cotons collants de ceux qui ne les sont pas pour limiter les lourdes pertes économiques des planteurs où le problème existe. Le collage ne peut pas être détecté par l'observation du coton pendant la récolte ou l'égrenage. Le problème de collage est généralement détectés pendant la filature où rien ne peut être fait excepté de filer la matière disponible. De manière à éviter les obstructions inattendues de la filature, les filateurs ne paient le prix normal que si le coton est propre et ne contient pas d'impureté qui affectent la filature. En cas de doute, ils vont proposer des prix inférieurs pour le coton 'suspect'. Ces décotes financières, allant de 5 à 30% du prix normal, sont le plus souvent appliquées de manière indiscriminée à tous les cotons produits dans une zone réputée collante. Le développement d'une méthode pour établir un niveau acceptable de collage dans les balles de coton et pour établir les seuils opérationnels dans la transformation des cotons collants aura le double bénéfice de protéger les producteurs de décotes injustifiées, et de permettre aux filateurs de filer ces cotons en ajustant les machines les conditions de filature, ou en les mélangeant avec des cotons non-collants.

L'objectif central de ce projet est donc d'augmenter le retour financier aux producteurs au travers du développement de méthodes fiables d'établissement du niveau de collage des balles, et l'établissement (dans des conditions industrielles) de seuils opérationnels pour la transformation des cotons collants. La mise au point de méthodes pour lutter contre le collage ne va pas seulement augmenter les prix des cotons produits dans les zones contaminées, mais va également augmenter la quantité globale de coton produit.

1.2. Cohérence avec la stratégie de l'ICAC pour le développement du coton

Le collage est considéré par les membres de l'ICAC comme un domaine de recherche prioritaire. Comme le collage augmente à la fois les coûts de production et de transformation (réduisant ainsi les revenus des planteurs), le *Standing Committee* de l'ICAC a déjà recommandé des projets pour financement par le CFC sur le thème de la protection des cultures. Ce projet est classé comme étant de la plus haute importance et concerne les activités de lutte post-récolte contre le collage. Les problèmes associés à la transformation des cotons collants doivent être résolus si le coton veut rester compétitif face aux fibres synthétiques tout en faisant bénéficier les producteurs de prix rémunérateurs. Les membres de l'ICAC reconnaissent que beaucoup de pays en développement et de pays consommateurs ont l'expertise et les moyens d'aborder les problèmes. Cependant, la plupart des pays en développement ne possèdent pas les capacités de recherche et les moyens financiers pour résoudre ces problèmes clés. Ce sont ces pays qui sont le plus sujets à des pertes financières et des pertes de parts de marché si des solutions ne sont pas trouvées. L'ICAC a reconnu l'importance des échanges des informations techniques entre pays membres et des proches coopérations pour la résolution de problèmes communs. Ce projet est un exemple à la fois du choix des priorités et de la recommandation pour une coopération internationale.

1.3. Description des composantes du projet

Le projet comprend les trois composantes suivantes :

- (a) Test et évaluation de méthodes pour établir le niveau de collage du coton ;
- (b) Développement d'un seuil permettant la transformation économique des cotons collants ;
- (c) Evaluation de la viabilité financière des procédés développés pendant le projet, formation, dissémination des résultats du projet grâce à des présentations, publications et transfert de technologie.

Chapitre 2. Composante A : Test et évaluation de méthodes pour établir le niveau de collage du coton

Les recherches ont été réalisées pour mesurer, évaluer et enregistrer le collage du coton dans le but de séparer la fraction collante de celle qui ne l'est pas, et d'en établir le niveau de collage. Ces recherches ont été menées conjointement par les équipes de la *Sudan Cotton Company* (SCC), du *Cotton Program* de l'*Agricultural Research Corporation* (ARC) au Soudan, du Programme Coton du CIRAD-CA et de l'Institut Textile de France (ITF). Le thermodétecteur SCT, développé par le Laboratoire de Technologie Cotonnière du CIRAD-CA, a été utilisé en premier lieu pour mesurer le collage. La détection du collage par le principe de thermodétection est basée sur le dépôt des substances collantes sur deux feuilles d'aluminium. L'échantillon de coton est chauffé grâce à une plaque chaude et libère son humidité. Cette humidité est absorbée par le miellat qui colle ensuite sur les feuilles d'aluminium pendant une deuxième phase dite pression froide. Le nombre de points comptés est la mesure du niveau de collage de l'échantillon. Le thermodétecteur a été reconnu par l'*International Textile Manufacturers Federation* comme un appareil de référence pour la mesure du collage. Six unités étaient requises pour les besoins du projet. Ils ont été installés dans les locaux de l'ARC au Soudan en accord avec le besoin minimal de capacité d'analyse. Sur les six appareils installés, trois ont été financés par le CFC et trois par la SCC.

Les mesures ont été focalisées sur la détermination du collage dans différentes régions de production. Ces mesures ont été réalisées sur différents grades de qualité. La classification du coton avant le début du projet était :

- Le coton-graine : classement sur la base de trois grades pour la production de type Acala, et six grades et demi-grades pour les cotons longue soie. Le coton-graine était égrené en fonction de ces grades.
- La fibre : les balles étaient classées sur la base d'un échantillon par balle par des classeurs (grade et longueur commerciale).
- Environ 1000 échantillons commerciaux étaient également caractérisés par l'ARC pour leur longueur (avec un Fibrographe), leur ténacité (avec Stélomètre et Pressley), leur finesse et leur maturité (avec un FMT), et leur collage (avec une mini-carde). La SCC a acquis un système HVI (High Volume Instrument) de la compagnie Zellweger Uster pour compléter l'équipement du laboratoire de l'ARC.

La séparation des cotons collants des cotons non-collants et l'évaluation de leur degré de collage a été entreprise pour différents types d'égrenage (au rouleau et à la scie). Pour chaque type d'égrenage, environ 500 balles (un total de 1000 balles étaient donc concernées) ont été échantillonnées et testées sur la base de 16 échantillons par balle. Parmi les 500 balles testées par type d'égrenage, 60 ont été sélectionnées pour les tests de la composante B. Pour toutes les balles testées, la relation entre niveau de collage et taux d'infestation par les mouches blanches et les pucerons devait être établie. Les variations dues à l'échantillonnage ont été analysées et minimisées pour les deux types d'égrenage. Dès que des résultats fiables ont été obtenus, des efforts ont été réalisés pour établir le nombre minimum de mesures à réaliser par échantillon pour respecter une tolérance fixée. Sur la base de ces tests, les balles pourraient être séparées en trois classes : faiblement, moyennement et fortement collant pour la vente. Finalement, les résultats du projet devraient permettre de définir une stratégie de développement d'un système de classification national sur la base d'un échantillonnage représentatif à 5% des productions dans chaque type d'égrenage. Environ 30000 balles ont été testées chaque année. Des tests complémentaires sur 2000 à 3000 échantillons ont été réalisés gratuitement par un laboratoire indépendant (*Cotton Incorporated, Cary, USA*). Finalement, les implications ont été envisagées dans le cas de l'exportation de la production. Au lieu d'une seule catégorie de coton

présentement exportée, au moins deux ou plus catégories de coton pourraient être vendues (non-collant, et (en un ou plusieurs grades) coton collant). De cette manière, des primes devraient être obtenues pour les cotons de qualités supérieures qui subissaient une décote injustifiées à cause de leur réputation de collage.

Les étapes suivantes ont été nécessaires.

Output 1.1 **Evaluer le collage dans le coton en provenance de différentes zones de production** (zones de production Medium staple, Long et Extra Long Staple pour les deux types d'égrenage).

Activité 1.1.1 Les échantillons des balles en provenance des zones de production ont été collectés pour l'égrenage au rouleau. Seize échantillons ont été prélevés par balle pour environ 500 balles (un échantillon par couche).

Activité 1.1.2 Les échantillons des balles en provenance des zones de production ont été collectés pour l'égrenage à la scie. Seize échantillons ont été prélevés par balle pour environ 500 balles (un échantillon par couche).

Activité 1.1.3 Analyse des échantillons avec le SCT.

Output 1.2 **Les variations dues à l'échantillonnage sont recherchées et minimisées pour les deux types d'égrenage.**

Activité 1.2.1 Des méthodes devront être mises en place et perfectionnées pour la prise d'échantillons et leur analyse dans le cas de l'égrenage au rouleau.

Activité 1.2.2 Des méthodes devront être mises en place et perfectionnées pour la prise d'échantillons et leur analyse dans le cas de l'égrenage à la scie.

Output 1.3 **Le nombre minimum de tests requis pour évaluer le niveau de collage des échantillons doit être déterminé.**

Activité 1.3.1 Pour obtenir des résultats répétables, le nombre de mesures à réaliser par échantillon égrené au rouleau doit être déterminé.

Activité 1.3.2 Pour obtenir des résultats répétables, le nombre de mesures à réaliser par échantillon égrené à la scie doit être déterminé.

Output 1.4 **Les balles avec des niveaux de collage non-collant, moyennement collant, et collant seront vendus en relation avec leur niveau de collage.**

Activité 1.4.1 Des recherches seront engagées pour établir l'étendue du problème de collage d'une balle à l'autre au Soudan.

Output 1.5 **Un paquet technique complet sera décidé pour déterminer le niveau de collage pour toute la production soudanaise.**

Activité 1.5.1 Une stratégie d'analyse et de suivi du collage devra être établie.

Activité 1.5.2 Les résultats seront appliqués sur un échantillonnage représentatif du coton obtenu par égrenage au rouleau (test sur environ 5% des balles produites).

Activité 1.5.3 Les résultats seront appliqués sur un échantillonnage représentatif du coton obtenu par égrenage à la scie (test sur environ 5% des balles produites).

Activité 1.5.4 La production de coton au Soudan est d'environ 600000 balles par an, l'échantillon représentatif (5%) représente donc 30000 balles. Deux ou trois mille de ces échantillons seront envoyés à Cotton Incorporated, Raleigh, USA, pour des tests gratuits.

Activité 1.5.5 L'organisation pour l'exportation sera étudiée car le nombre de catégories sera au moins multiplié par deux (balles non-collantes et collantes).

Les chapitres suivants donnent les réponses aux questions posées. Dans le même temps, les conséquences de ces recherches seront discutées à la suite de la démarche scientifique réalisée.

2.1. Equipements utilisés pendant ce projet pour mesurer le collage

Dans ce projet, deux appareils de mesure (Figure 2-1) ont été utilisés pour évaluer le niveau de collage des fibres de coton. En complément, quelques tests par HPLC ont été utilisés pour mieux décrire les types de sucres impliqués dans les 'sucres collants'.

2.1.1. Le thermodétecteur SCT

Une procédure standardisée a été utilisée pour les analyses SCT. Cette procédure est le fondement de normes à différents niveaux : AFNOR (Association Française de NORMALISATION), CEN (Comité Européen de Normalisation) et ITMF (International Textile Manufacturer Federation, pour qui cette méthode est recommandée pour la mesure du collage depuis 1994).

Plus d'informations sont données dans le paragraphe correspondant du Rapport Final de Recherche. La procédure utilisée pendant cette recherche pour tous les tests est donnée ci-après.

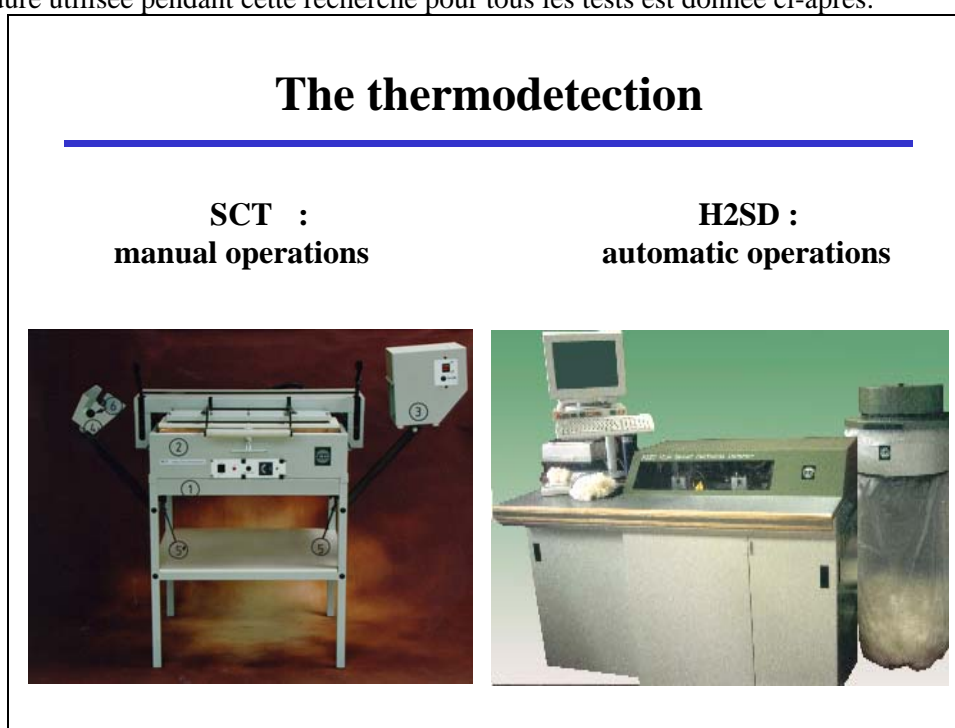


Figure 2-1 : Deux appareils de mesure utilisés pendant le projet ICAC / CFC.

Après une phase de préchauffage du SCT, une feuille d'aluminium est placée sur la plaque de cuivre du SCT. Ensuite, en utilisant un blender spécifique, une masse de 2.5 g de fibre est homogénéisée et transformée en un voile qui est placé sur la feuille d'aluminium. Une deuxième feuille d'aluminium est placée sur le coton pour former un ensemble. La plaque chaude est placée sur l'ensemble pendant un temps déterminé. Puis une pression à température ambiante est appliquée sur l'ensemble pendant un autre temps prédéterminé. Au signal sonore, l'ensemble est retiré du SCT pour être stocké pendant environ 60 minutes. Après ce laps de temps, la feuille supérieure d'aluminium est retirée, et une brosse spéciale est utilisée pour retirer les parties de voile de coton des feuilles d'aluminium inférieure et supérieure. Un comptage des points collants sur les deux feuilles est réalisé.

Cette opération peut être répétée autant de fois que nécessaire pour mesurer le niveau de collage avec précision. Le conditionnement des échantillons et les caractérisations des échantillons doivent se réaliser dans des conditions normales de laboratoire (21° C et 65% d'humidité relative).

Une norme est en cours de réalisation sous la supervision des comités de normalisation français et européen. Ainsi, avant d'utiliser le SCT, la dernière version de cette norme doit être consultée.

Cette procédure a été utilisée au CIRAD.

Dans les tests de classification conduits au Soudan, le travail a été organisé de telle manière que certains techniciens préparaient les échantillons sur le SCT alors que d'autres comptaient les points collants sur les feuilles d'aluminium.

2.1.2. High Speed Stickiness Detector

Comme beaucoup de cotons sont de plus en plus collants, le développement d'une méthode rapide de mesure du collage est plus importante que jamais. Le collage est devenu un critère de sélection des cotons par les filateurs. Il deviendrait donc avantageux de pouvoir mesurer le collage de chaque balle produite. Le rythme d'analyse du H2SD est compatible avec celui des HVI et les résultats qu'il produit sont bien corrélés avec les résultats du SCT, l'appareil de mesure recommandé. Le H2SD est donc prometteur dans le cas d'analyses balle par balle. La machine de production a été améliorée pour un usage intensif dans un environnement industriel et pour favoriser une maintenance aisée.

Une norme est en cours de développement aux niveaux européen et français. Ainsi, avant toute utilisation de cet appareil, il est conseillé de consulter les documents normatifs officiels. Cette norme est résumée ci-après pour expliciter les différentes opérations du tests. Cette procédure a été suivie au CIRAD.

Une analyse normale au H2SD est réalisée à 65% d'humidité relative (HR) et à 21°C. Le H2SD (Frydrych *et al.*, 1994) est composé de cinq stations de travail :

- Un échantillon de coton (de 3 à 3.5 grammes) est ouvert par un rotor pour former un pavé d'une densité de environ 160 g/m². Celui-ci est placé sur une feuille d'aluminium qui passe successivement par les quatre autres stations.
- Une pression chaude est appliquée sur l'échantillon. La combinaison de l'eau du coton et du différentiel de température entre la plaque chaude et l'aluminium produit une mince couche d'humidité sur la feuille d'aluminium.
- Les poids collants en contact avec l'aluminium sont fixés par une pression exercée à température ambiante.
- Le coton est ensuite retiré.
- Les points collants sont ensuite analysés par analyse d'image pour les compter et en mesurer leur surface individuelle grâce à une caméra et un logiciel spécifique. Comme ces stations de travail sont indépendantes, quatre échantillons peuvent être analysés simultanément. Dans ces conditions, la machine peut analyser une échantillon toutes les 35 secondes environ.

Les informations affichées à l'écran comprennent une image digitalisée des points collants, un histogramme des tailles des points collants, les résultats ainsi que les références des échantillons, le nombre total des points collants et leur répartition en trois classes de taille (petit, moyen et gros).

2.1.3. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

L'*International Textile Center* à Lubbock a réalisé les mesures pour déterminer le contenu des différents sucres dans les fibres :

- Les dépôts collants sont pesés et placés dans des sacs en plastique.
- 20 ml d'eau à 18.2 megohm sont ajoutés. Un échantillon de solution aqueuse est prélevé des sacs avec une seringue de 10 cm³ sur laquelle un filtre de 0.2 micron (membrane de nylon et de polypropylène) est attaché. Un échantillon filtré de 1.5 ml est déposé dans un injecteur automatique.
- Les sucres sont séparés par des colonnes (CarboPac PA1 Anion exchange Guard column and two CarboPac PA1 Anion exchange Analytical Columns) en série avec un système éluant : Eluant 1 : 200 mM NaOH et Eluant 2 : 500 mM d'acétate de Sodium et 200 mM NaOH.

Cette méthode est utilisée pour quantifier les sucres suivants : Inositol (*I*), Trehalose (*T*), Glucose (*G*), Fructose (*F*), Trehalulose (*W*), Melezitose (*M*) and Sucrose (*S*).

2.1.4. Procédure standardisée d'échantillonnage

Une norme (NF EN 12751 Textiles – Echantillonnage de fibres, fils et tissus pour caractérisation) est prévue pour définir le meilleur moyen d'échantillonner les textiles de manière représentative. Il est conseillé d'en consulter le document le plus récent.

Différents cas sont étudiés selon la présentation des fibres (petite quantité, balles, lots ...). La préparation des échantillons est aussi traitée.

Il est mentionné que les balles peuvent être échantillonnées en prélevant un échantillon à chaque bout des balles ; cependant, cette méthode d'échantillonnage ne peut être utilisée que si la variabilité entre balles est plus grande que celle observée dans les différentes couches de chacune des balles pour les caractéristiques à mesurer. Par exemple, il est connu que la technique d'égrenage affecte la variabilité intra-balle pour quelques caractéristiques mesurées par HVI.

Ce point sera considéré dans les prochaines sections afin de prendre en compte les pratiques commerciales. Ainsi, la plupart des expérimentations décrites ci-après ont été réalisées en échantillonnant différentes couches dans les balles de manière à vérifier l'hypothèse suivante : la variabilité intra-balle doit être inférieure à celle relevée entre balles.

2.2. Discussion – Conclusion

Au vu de cette liste de méthodes et de procédures, on peut déjà imaginer les difficultés à maintenir les instruments de mesure en ordre de marche efficace.

Il est évident qu'il faut maintenir ces instruments bien réglés de manière à ce qu'ils produisent des résultats sans dérive.

Une norme n'est qu'un instrument par lequel différentes parties s'accordent pour mesurer un même paramètre de la même manière. Ainsi, même si des procédures normalisées existent, chacun peut utiliser les méthodes qu'il désire. Cependant, il semble toujours mieux d'utiliser une méthode de mesure connue et normalisée, surtout quand leurs résultats seront comparées entre laboratoires.

Les sections précédentes sont des extraits de la future norme européenne. Nous tenons à remercier M. Laurent Houillon, secrétaire du groupe collage au sein du 248, de nous avoir permis d'inclure ces extraits dans ce rapport.

Il reste beaucoup à faire en terme de normalisation. En effet, de la même manière que pour les autres instruments, les appareils de mesure du collage nécessitent un étalonnage externe et interne : les extraits de normes précisent principalement les réglages des appareils.

Pour ce qui concerne l'étalonnage externe, il faut des cotons de références dont le niveau de collage est établi précisément pour vérifier si tous les appareils de mesure sont capables de donner les mêmes résultats. La mesure de la répétabilité sur des cotons bien connus est directement dépendante de l'homogénéité des cotons et du respect des procédures d'échantillonnage.

Une procédure de classification nécessite la même homogénéité intra-balles pour les différentes caractéristiques. Cependant, il est nécessaire de connaître le niveau actuel de variabilité intra-balle du coton pour préparer les procédures de classification, et si nécessaire, pour ajuster les paramètres de production, comme la collecte du coton-graine par exemple.

Dans le prochain chapitre, nous tentons d'évaluer la variabilité intra-balle du collage. En connaissant cette information, il sera possible de déterminer :

- le nombre d'échantillons à prélever par balle ;
- le nombre de mesures par échantillon, ceci permettant de déduire la largeur des intervalles de confiance, et permettant l'affichage des données de collage dans cet intervalle de confiance ;
- le risque qu'une lecture à la classification soit différente de celle obtenue dans le laboratoire de l'acheteur. Cette évaluation a un lien direct avec le nombre de plaintes enregistrable entre un vendeur et un acheteur.

2.3. Expérimentation sur 5% de la production soudanaise avec le SCT

2.3.1. Objectif

Une expérimentation a été réalisée pour déterminer le niveau de collage sur la base d'un échantillonnage à 5 % de la production.

2.3.2. Introduction

Deux campagnes ont été échantillonnées à hauteur de 5 % dans les zones de production les plus importantes au Soudan. Selon l'organisation habituelle au Soudan, les sacs de coton-graine parviennent à l'égrenage après une classification visuelle pour la couleur, taux de déchets et longueur et une classification en trois grades. Chaque grade est égrené séparément. Les sacs d'un même grade visuel sont mélangés en fonction de l'origine de production (bloc). Après une préparation appropriée du coton-graine, les sacs sont vidés derrière les machines d'égrenage, et le coton-graine est alimenté manuellement dans les égreneuses à rouleau. La fibre est collectée et mélangée sur une bande transporteuse qui la dirige vers la presse à balles. Un groupe de 100 balles (ou 300 balles dans certaines usines) est appelé un lot.

Dans cette expérimentation ; le coton-graine provenant de différents blocs est séparé séparément (c'est-à-dire le contraire de ce qui est décrit plus tôt) pour les raisons suivantes. L'objectif du projet est de séparer la partie collante de la partie non-collante. Si on considère qu'un bloc est suffisamment homogène et que certains blocs sont exempts de collage, mélanger différents blocs uniquement sur la base du grade de coton-graine (comme cela est réalisé normalement) induira certainement un mélange de coton collant et de non-collant. Le mélange de sacs d'un même bloc peut être accepté car nous émettons l'hypothèse que la production d'un bloc est homogène, et ne dépend en aucun cas de la variabilité intra-bloc du collage.

2.3.3. Matériels et méthodes

Sur cette année de production, cette expérimentation représente la collecte et l'analyse de 15885 balles avec deux échantillons par balle. Cinq balles uniformément sélectionnées (balles 20, 40, 60, 80, 100...) de chaque lot de 100 balles ont été échantillonnées (2 échantillons par balle). Un test SCT a été réalisé sur chacun des 31770 échantillons.

Cette expérimentation correspond à un vrai échantillonnage à 5%, et montre des facteurs de variation considérables car elle correspond au vrai travail de routine au Soudan. L'échantillonnage couvrait cinq zones de production où un ou deux groupes de variété étaient plantés. Chaque zone peut contenir à la fois des usines d'égrenage au rouleau et à la scie et le coton-graine peut provenir des deux variétés. Pour ces raisons, l'analyse des données est relativement difficile en respectant un modèle statistique standard.

2.3.4. Résultats et discussion

L'analyse de données a été réalisée sur les moyennes des deux mesures par balle. La Figure 2-2 représente le diagramme des quantiles pour les trois facteurs variété * usine * méthode d'égrenage (rouleau ou scie) combinés. C'est la meilleure méthode pour résumer l'importante information issue de cette expérimentation. L'hypothèse que les données observées s'approchent d'une loi de Poisson est émise. Aussi les données ont été transformées en racine carrée.

En premier, nous constatons que les moyennes de collage pour les sept combinaisons sont différentes, et que les gammes de collage sont très différentes entre elles. Un effet marqué peut être imputé à l'un des trois facteurs combinés dans la codification variété * usine * méthode d'égrenage.

En second, au vu des résultats de l'analyse de variance variété * usine * méthode d'égrenage * lot * balle, l'effet le plus important (hautement significatif pour chaque usine) était le lot.

Dans ces conditions expérimentales, il est démontré que la variabilité intra-lot du collage est faible (effet non significatif de la balle au sein du lot). Cela indique que les conditions d'opération, avant et pendant l'égrenage, permettent la production de lots homogènes en collage.

Quand les deux campagnes sont comparées dans les mêmes conditions d'échantillonnage, une diminution intéressante du collage est observée. Cette tendance montre une diminution de la moyenne du collage de 40 points collants en 1997/98 contre 20 points collants SCT en 1998/99 (Figure 2-3).

2.3.5. Conclusion

Lors de cette expérimentation, l'organisation de la production a été modifiée par rapport à la normale, de manière à ce que les sacs de coton-graine ne soient pas mélangés entre zones de production (blocs). Dans ces conditions, une baisse d'homogénéité entre lot était attendue, ainsi qu'une baisse de la variabilité intra-lot.

L'analyse des données a confirmé ces hypothèses : un effet hautement significatif est noté entre lots alors que l'effet de la variabilité intra-lot est non significative (pas de différence de collage entre balles d'un même lot).

Ces conclusions pourraient conduire à une modification de l'organisation de la production au Soudan, pour produire des lots de coton avec des niveaux spécifiques comme déterminés par une procédé de classification.

Cette organisation pourrait permettre d'isoler les cotons non-collants de la production afin de les vendre au cours du marché international. Plus bas dans ce document, les conditions à respecter pour certifier le niveau de collage des balles de chaque lot sont discutées ainsi que les considérations sur le risque de litige entre vendeur et acheteur de ces matières premières.

Les informations collectées dans ce schéma de production (pas de groupement de coton-graine en provenance de différentes zones de production + classification) pourraient également être utilisées pour améliorer notre connaissance à propos des zones de production. Quand le coton-graine de différentes zones est mélangé, spécialement dans les grandes zones de production, un mélange est fabriqué sans en connaître la partie collante. Ainsi il devient difficile de déterminer la source du problème et les solutions correctives ne peuvent ni être trouvées ni appliquées. Au contraire, égrener séparément les crus de coton-graine rend plus facilement la détection des zones où du coton collant est produit pour y mettre en place des actions correctives.

En résumé, des conditions spécifiques de production devraient résulter dans la mise en vente de lots plus homogènes (au moins pour le collage). Cette organisation doit également intégrer un système de classification pour mesurer le collage des balles, et ces données peuvent être mises en relation avec les infestations d'insectes dans des zones limitées pour y apporter des mesures correctives.

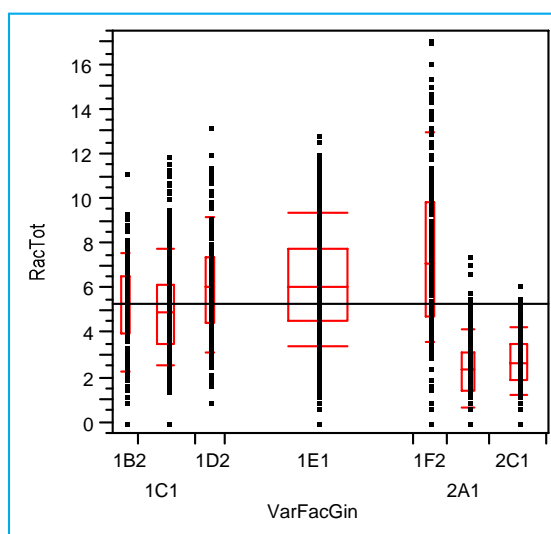


Figure 2-2 : Distribution des points collants SCT pour différentes combinaisons Variété / Usine / Type d'égrenage.

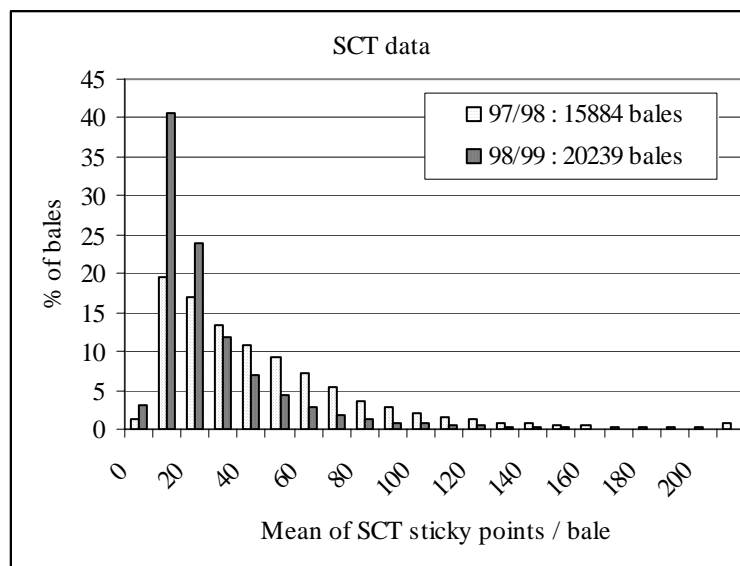


Figure 2-3 : Comparaison du collage pour deux campagnes.

2.4. Test et évaluation de méthodes pour établir le niveau de collage du coton. Méthodes d'échantillonnage dans les balles de coton : Application à une classification commerciale du coton au Soudan avec le SCT

2.4.1. Introduction

Cette étude fait partie de la composante A et correspond aux output 1.2 et 1.3 et en partie aux output 1.1, i.e. activités 1.1.1, 1.1.2, et 1.1.3.

Son objectif principal est d'établir des méthodes d'échantillonnage et de mesure du collage au Soudan, permettant la séparation de la part collante dans la production. Cela devrait permettre de vendre la production non-collante à un prix plus élevé sur le marché international. En d'autres mots, cette étude vise la détermination de méthodes pour classer les balles pour le degré de collage.

Deux types de classification peuvent être envisagés :

- une classification quantitative, c'est-à-dire que chaque balle est assortie d'un niveau de collage garanti,
- une classification qualitative, où les balles sont séparées en deux catégories (collant et non-collant) en comparaison à une valeur prédéterminée appelée seuil critique de collage.

Ainsi la classification pourrait permettre que les producteurs offrent des lots de balles garantis non-collants. Ainsi il suffit que les balles soient séparées en deux catégories. Une classification quantitative basée sur le nombre de points collants est techniquement réalisable, mais il implique un coût non négligeable de constitution et de gestion de stock. D'un autre côté, une classification qualitative peut déterminer le grade d'une balle très collante après une simple mesure, réduisant ainsi le nombre de mesures à réaliser par balle et, en conséquence, le coût de classification. La classification qualitative est donc recommandée, basée sur l'utilisation du seuil critique de collage.

Avant de continuer cette description, il est nécessaire de définir clairement la notion de seuil critique de collage. S'il fallait définir une limite de filabilité pour les cotons collants, elle pourrait être étendue au-delà de la simple mesure du nombre de points collants, par exemple à la taille des points collants, et aux types de sucres qu'ils contiennent. Une limite de filabilité est étudiée en association avec l'IFTH dans le cadre de la composante B du projet. Cependant, l'appareil utilisé pour mesurer le collage n'est pas conçu pour mesurer la taille des points collants et leur contenu en différents sucres. Le SCT a été choisi par le CFC à la signature du contrat de recherches alors qu'il était le seul instrument recommandé par un comité international pour la mesure du collage. Pour ces raisons, et en attendant les résultats de la composante B, le travail relaté dans la première partie de ce rapport a été basé sur un seuil critique de collage défini seulement sur le nombre de points collants mesurés au SCT.

2.4.2. Matériels et méthodes

Pour classer le coton selon son niveau de collage, il est nécessaire d'évaluer la variabilité intra-balle du collage. Pour le faire, une recherche sur des échantillons issus de 1000 balles, 500 égrenées au rouleau et 500 à la scie, ont été sélectionnées dans la campagne 1996 sur 100 blocs de culture de la zone de Gezira au Soudan. Chaque bloc a été égrené séparément contrairement à l'habitude où les cotons sont classifiés selon un grade de coton-graine et non par bloc. Cette modification a été réalisée pour s'assurer d'une meilleure homogénéité du collage dans les balles selon l'hypothèse qu'un bloc est infecté d'une manière homogène. Dix balles ont été prélevées par bloc, et seize échantillons ont été prélevés dans différentes couches de chaque balle.

Les blocs n'ont pas été choisis au hasard mais selon une méthode prédéfinie. Les conclusions ne pourront être applicables que sur les blocs sélectionnés et non sur l'intégralité de la campagne 1996.

Un spécimen de 2.5g a été pris de chaque échantillon pour un test SCT au laboratoire de l'ARC. Les 16 spécimens de chaque balle ont été testés l'un après l'autre par le même opérateur.

Contrairement aux méthodes de mesure continue, les comptages de points collants ne peuvent pas être rattachés à une loi normale. La répétabilité ne peut être raccordée simplement à une variance, la loi de probabilité intra-balle doit être mise en évidence par des expérimentations spécifiques.

En bref, cette loi de distribution a été déduite de considérations théoriques et de la relation moyenne / variance ; ses paramètres ont été estimés par la méthode du maximum de vraisemblance. Les tests de rapports de vraisemblance ont été utilisés pour vérifier l'homogénéité des paramètres. Le risque de litige a été calculé à partir de ces distributions de probabilités.

Pour entrer dans les détails, le nombre de points collants est une variable aléatoire discrète obtenue par le comptage de points de relatives petites tailles sur les feuilles d'aluminium. Dans l'hypothèse d'une distribution totalement aléatoire et homogène des points collants au sein d'une balle, le nombre de points collants par échantillon, comme définie dans la théorie de processus ponctuels (Cressie, 1991 ; Saporta, 1990), suit une loi de distribution de Poisson avec une moyenne pour chaque balle. Dans l'hypothèse contraire, la loi de distribution est sur-dispersée par rapport à la loi de Poisson. Un test unilatéral de χ^2 permet de choisir parmi ces deux hypothèses. En effet, dans le cas d'une distribution de Poisson, le rapport de la somme des carrés des écarts (SCE) à la moyenne de n mesures suit asymptotiquement une loi de distribution de χ^2 avec $n-1$ degrés de liberté (Dagnelie, 1975 ; Fisher, 1938). Pour p balles et n_j mesures par balle résultant en une moyenne x_j , l'équation B-1 donne

l'expression du χ^2_{obs} observé avec $\sum_{j=1}^p (n_j - 1)$ degrés de liberté.

$$\chi^2_{\text{obs}} = \sum_{j=1}^p \left(\frac{SCE_j}{x_j} \right) \quad (\text{Equation 2-1})$$

Quand l'hypothèse de distribution de Poisson est rejetée, le rapport du χ^2 à son nombre de degrés de liberté donne une estimation de la sur-dispersion en comparaison à la loi de distribution de Poisson.

La relation de la variance sur la moyenne dans une échelle log-log a été utilisée comme un guide pour choisir la loi de distribution des probabilités.

Parmi les loi de distribution sur-dispersées, la distribution binomiale négative a été examinée car elle peut être générée par une grande variété de processus (Johnson, 1992), et qu'elle a déjà été observée dans d'autres comptages de points collants chez d'autres partenaires du CIRAD.

La distribution binomiale négative, de moyenne m et le coefficient de forme k , est la distribution d'une variable aléatoire X pour qui :

$$P(X = x) = \frac{\Gamma(k + x) m^x k^k}{\Gamma(x + 1) \Gamma(k) (m + k)^{(k+x)}} \quad (\text{Equation 2-2})$$

avec gamma (Γ) l'intégrale généralisée définie par :

$$\Gamma(k) = \int_0^{\infty} x^{k-1} \exp(-x) dx \quad (\text{Equation 2-3})$$

Sa variance est $\sigma^2 = m + m^2/k$

Chaque balle a sa propre moyenne de collage $m_{j, a}$, alors que le paramètre k est supposé être le même pour toutes les balles.

Pour estimer les paramètres d'un jeu de p balles, la moyenne arithmétique x_j est un bon estimateur du paramètre m_j . D'un autre côté, le facteur de forme k peut être estimé en utilisant différents moyens, parmi lesquels la méthode du maximum de vraisemblance est la plus précise. Cette méthode consiste à évaluer le maximum de la fonction L :

$$L = \prod_{j=1}^p \prod_{i=1}^{n_j} \frac{\Gamma(k + x_{ji}) (x_{ji})^{x_{ji}} k^k}{\Gamma(x_{ji} + 1) \Gamma(k) (x_{j.} + k)^{(k+x_{ji})}} \quad (\text{Equation 2-4})$$

En pratique, il est plus aisé d'estimer l'inverse de k , car l'estimation de la quantité $\alpha = 1/k$ est moins biaisée et donne des intervalles de confiance plus symétriques autour de α que de k .

Un test unilatéral du maximum de vraisemblance permet de vérifier l'homogénéité des coefficients k au sein d'un groupe de p balles. En effet, si L est le maximum de vraisemblance qui est obtenu en considérant que toutes les balles ont le même coefficient k , et L_j celui obtenu avec un k_j pour chaque balle ou groupe de balles prises séparément, alors la quantité $-2(\log L - \sum \log L_j)$ est un Chi^2 avec $p - 1$ degrés de liberté.

2.4.3. Résultats

Une analyse de variance des racines carrées des moyennes de points collants a été réalisée pour détecter toute différence de niveau moyen entre compteurs. Cela a montré des différences nettes entre compteurs ($P < 0.0001$). Bien que les balles n'étaient pas regroupées au hasard entre les différents compteurs, cela suggère que certains compteurs pouvaient compter plus de points collants que d'autres. En conséquence, SCT ne semble pas complètement adapté à une classification commerciale, car les comptages par une personne peuvent être différents de ceux d'une autre personne. Cependant, nous avons analysé la variabilité intra-balle.

Le graphe liant les logarithmes des variances en fonction des logarithmes des moyennes montre que la variance croît avec la moyenne (Figure 2-4). Cependant, si les points collants étaient distribués aléatoirement au sein d'une balle, le nombre de points collants pour chacune des balles devrait suivre une loi de Poisson pour chaque balle où la moyenne devrait être égale à sa moyenne. L'hypothèse de la loi de Poisson a donc été rejetée au seuil 0.0001 par un test de Chi^2 de la sur-dispersion.

Le graphe $\log(\text{variance})$ en fonction du $\log(\text{moyenne})$ (Figure 2-4), comme modélisée selon la loi binomiale négative, n'est pas satisfaisante. Il apparaît deux nuages de points : un au-dessus de la courbe, l'autre en-dessous. Le second nuage est même en-dessous de la ligne bissectrice (en pointillé), qui correspond à la dispersion la plus réduite qui puisse être imaginée dans une situation où les points collants seraient distribués complètement aléatoirement au sein des balles. Aucune explication ne peut être apportée par la méthode d'égrenage utilisée comme le montre la Figure 2-5 où les nuages « roller » (rouleau) et « saw » (scie) sont superposés.

Cependant, nous observons cette sous-dispersion quand toutes les mesures de collage d'une même balle sont réalisées l'une après l'autre. Ce phénomène peut être attribué à l'effet mémoire de l'opérateur, c'est-à-dire qu'à chaque fois que des points sont comptés, l'opérateur mémorise les comptages qu'il vient juste de réaliser pour les appliquer aux échantillons suivants de la même balle.

Aucune conclusion ne peut donc être tirée de ces mesures réalisées sur les 1000 balles pour ce qui concerne la loi de distribution des comptages SCT, excepté l'hypothèse de l'effet mémoire de l'opérateur.

Pour vérifier cette hypothèse et pour évaluer la variabilité intra-balle des comptages SCT même en présence de cet effet mémoire, deux autres expérimentations ont été réalisées au CIRAD sur un sous-échantillon des 1000 balles. La première concernait les 30 premières balles et n'était pas randomisée.

La seconde, conduite pendant la visite de Dr Abdel Rahman à Montpellier, concernait 30 autres balles choisies au hasard. Dans cette étude, 16 mesures de chaque balle ont été distribuées au hasard entre deux opérateurs et ont été analysées dans un ordre aléatoire.

Dans l'expérience randomisée, une différence possible de niveau entre les deux opérateurs a été testée selon un modèle log-linéaire approprié. Cela n'affecte pas trop les indices de sur-dispersion qui a diminué de 5 à 4.86. L'effet opérateur n'est pas significatif ($P = 0.15$), quand on prend en compte le facteur opérateur. Ainsi, les variances intra-balles ont été estimées en ignorant la différence de niveau.

Pour les résultats de mesure du CIRAD, le graphe $\log(\text{variance})$ en fonction du $\log(\text{moyenne})$ montre que la sur-dispersion est plus accentuée dans l'expérimentation randomisée (Figure 2-6) que dans l'expérimentation non randomisée (Figure 2-7). Cette atténuation de la sur-dispersion notée pour les mesures non randomisées a été attribuée à l'effet mémoire de l'opérateur.

Les comptages réalisés à l'ARC étaient encore moins dispersés que ceux observés au CIRAD en l'absence de randomisation. Cela suggère que l'effet mémoire de l'opérateur avait introduit un biais substantiel dans les résultats obtenus en routine.

Ceci appelle la recommandation suivante : quand on réalise plusieurs mesures sur un même échantillon avec le SCT, il est important d'intercaler les spécimens d'un même échantillon avec des spécimens d'autres échantillons de manière aléatoire, de manière à ce que l'opérateur ignore quel échantillon est en cours d'analyse au moment du comptage.

Aucune différence de niveau n'est apparue entre opérateurs dans ces dernières expériences grâce à une bonne formation des opérateurs et à la vérification périodique de leurs comptages sur des échantillons de référence. Nous recommandons des précautions pour les tests de routine. En considérant les mesures randomisées, un ajustement à la loi binomiale négative donne des résultats satisfaisants pour la relation entre la moyenne et la variance. Ainsi, bien que le test de vraisemblance a montré que le coefficient k est hétérogène ($\chi^2=6.7322$ pour 1 ddl, $P=0.0095$), une loi de distribution binomiale négative de paramètre $k=10.8$ est la meilleure approximation qui puisse être établie par cette étude.

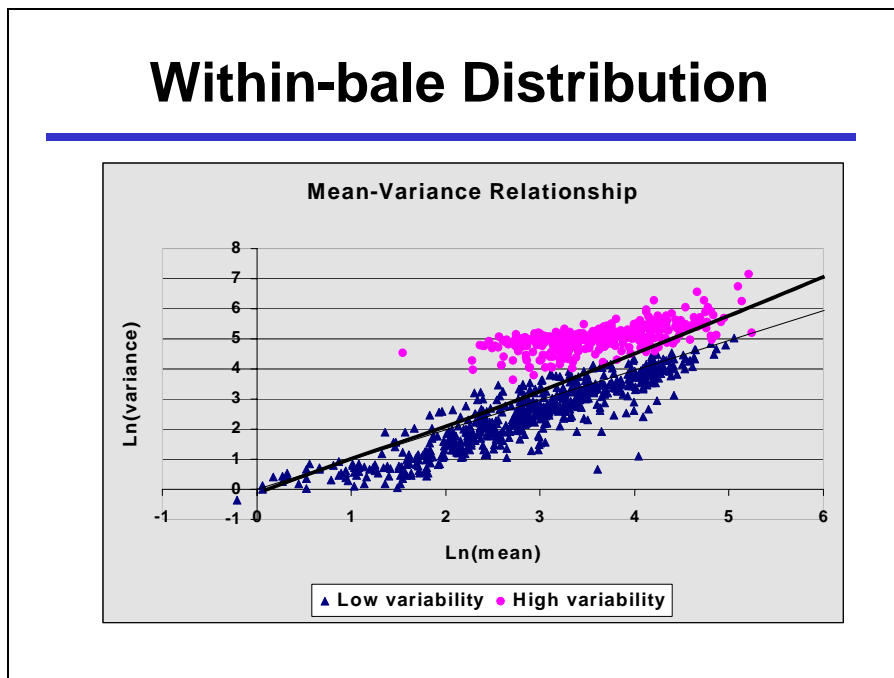


Figure 2-4 : Relation entre variance intra-balle et la moyenne de la balle des mesures SCT sur 1000 balles échantillonnées en 1996 sur 100 blocs du Gezira. La ligne continue représente la relation théorique variance \times moyenne pour une distribution binomiale négative avec un k commun estimé sur toutes les balles.

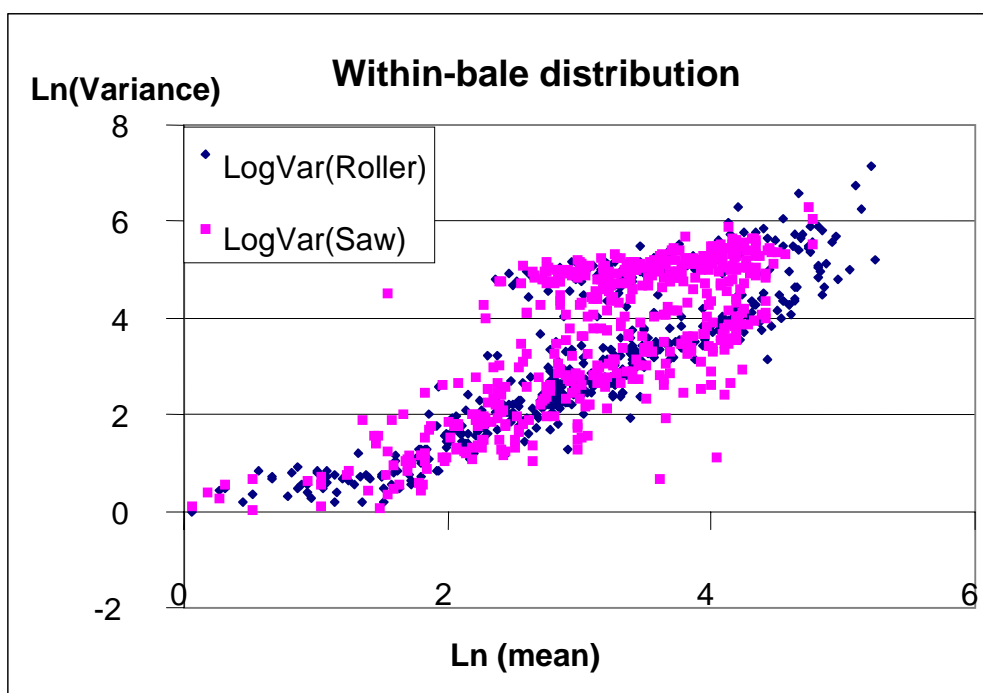


Figure 2-5 : Même relation que précédemment avec une répartition selon le type d'égrenage (roller / saw).

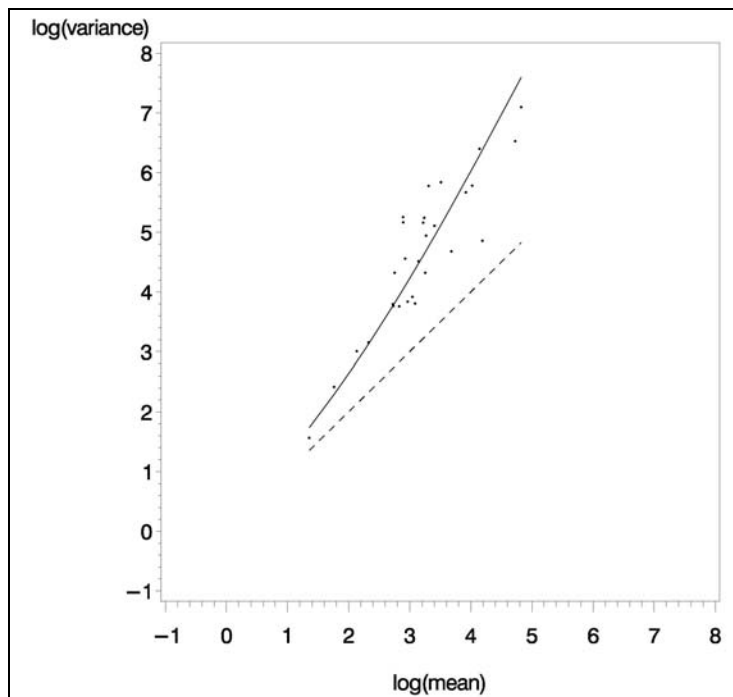


Figure 2-6 : Relation entre variances intra-balle et moyenne de la balle des mesures SCT dans l'expérimentation randomisée réalisée au CIRAD sur 29 balles. La bissectrice représente la relation théorique variance x moyenne pour une loi de distribution de Poisson. La ligne continue montre la relation théorique variance x moyenne pour une distribution binomiale négative avec un k commun estimé sur les 29 balles.

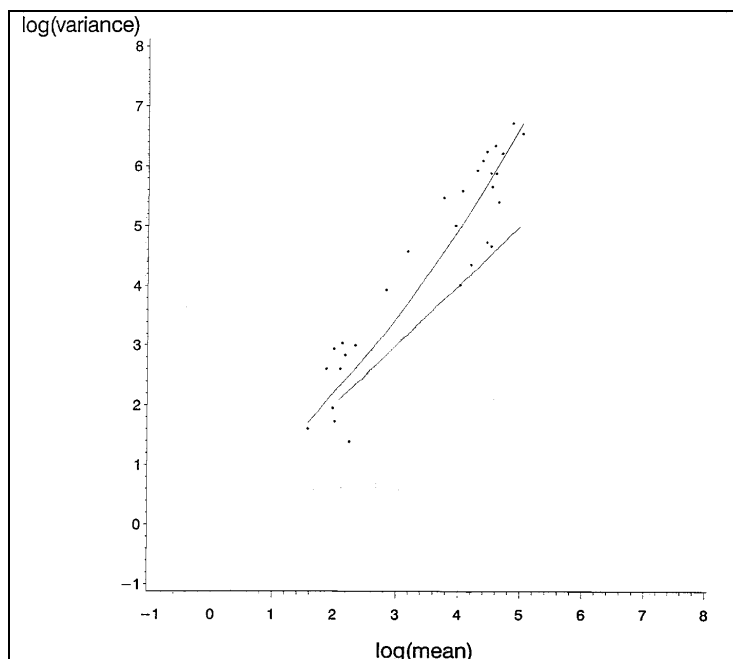


Figure 2-7 : Relation entre variance intra-balle et moyenne des mesures SCT dans l'expérimentation non randomisée réalisée au CIRAD sur 30 balles. La bissectrice (pointillé) montre la relation théorique variance x moyenne pour une distribution de Poisson. La ligne continue montre la relation théorique pour une distribution binomiale négative avec un k commun estimé sur les 30 balles.

2.5. Variabilité du collage et faisabilité d'un classement commercial avec le H2SD

2.5.1. Objectif

Cette expérimentation devait mettre en évidence la loi de distribution intra-balle et ses paramètres pour évaluer le nombre d'échantillons et de mesures requis pour obtenir une estimation représentative du collage de chaque balle.

2.5.2. Matériels et méthodes

Pur évaluer cette distribution, 100 balles ont été sélectionnées dans la production : 50 balles égrenées au rouleau et 50 à la scie. Pendant l'égrenage de ces balles, 16 couches différentes de chaque balle ont été échantillonnées.

Il est important de noter que ces balles ont été sélectionnées pour représenter une large gamme de collage, ce qui ne représente pas forcément l'image réelle de la situation au Soudan.. Nous mettrons en évidence plus tard l'importance de l'échantillonnage dans cette procédure. Après un conditionnement dans une ambiance normale de laboratoire (65% HR et 21°C), les échantillons ont été analysés sur H2SD selon un protocole randomisé.

2.5.3. Résultats et discussion : Distribution intra-balle du collage

Loi de distribution du nombre de points collants

Pour ces 100 balles avec 16 mesures chacune, excepté quelques échantillons manquants, le χ^2 observé est égal à 7213 avec 1492 degrés de liberté. L'hypothèse d'une distribution selon la loi de Poisson est rejetée au seuil 0.01%. L'indice de sur-dispersion, ratio de la variance sur la moyenne, avoisine 4.84.

La relation log(variance en fonction log(moyenne) semble quadratique (Figure 2-8) et suggère une loi de distribution binomiale négative.

L'estimation du maximum de vraisemblance de k , selon le logiciel SAS, a convergé vers une valeur homogène de $k = 9.43$.

La distribution intra-balle du nombre de points collants suit donc une loi de distribution binomiale négative dont le paramètre de forme est $k = 9.43$ pour les 100 balles testées.

La loi de distribution étant trouvée, voyons son application à la classification des balles.

2.5.4. Risque de litige dans une classification qualitative : définition et méthode de contrôle

La variabilité des mesures détermine le risque encouru lors de la classification commerciale, i.e. le risque qu'une balle classée non collante par le producteur soit ensuite évaluée comme collante par l'acheteur. Ce risque peut être réduit à un niveau acceptable en classant plus strictement les balles qu'elles ne le seront plus tard.

Une balle est classée en référence à un seuil de classification : si le collage est moindre ou égal au seuil, la balle est classée comme non collante. Si le collage est supérieur au seuil, la balle est classée comme collante. Cependant, les différentes mesures réalisées sur la même balle ne donnent pas toujours le même résultat, comme noté dans l'étude de variabilité. Ainsi, la même balle peut être classée comme collante à certains moments et non collante à d'autres. C'est une cause potentielle de litige entre acheteur et vendeur.

Cette idée est illustrée par la Figure 2-9. Dans ce cas, le seuil de classement est fixé à 10, c'est-à-dire que les balles avec 11 points ou plus sont classées comme collantes. Si on considère une balle avec une vraie valeur de collage de moyenne de $m=12$ points collants, et étant distribuée selon une distribution binomiale négative (comme vu précédemment), les équations peuvent être utilisées pour

calculer la probabilité d'observer exactement $X=0, 1, 2$, etc. points collants. Ces différentes probabilités sont tracées contre la valeur de X .

Dans ce cas précis, la probabilité de classement des balles comme non collantes (barres grisées) est presque identique à la probabilité de classer la balle comme collante (barres hachurées). Pour être plus précis, la probabilité de classer une balle de non collante est de 0.428.

Si l'acheteur adopte le même seuil et le même nombre de mesures, il aura une probabilité de $1-0.428=0.572$ de classer le même balle comme collante. Pour aboutir à un litige, le vendeur doit avoir classé cette balle comme non collante et l'acheteur doit l'avoir classée comme collante. Comme ces deux classements sont indépendants, la probabilité des deux événements correspond au produit de leurs probabilités individuelles. Le risque de litige est donc $0.428 \times 0.572 = 0.24$.

Un tel risque peut avoir des conséquences économiques considérables qui sont inacceptables. On peut même démontrer que le risque atteint un maximum de 0.25. Ce cas est observé quand la classification est exactement égale à la distribution moyenne. Le résultat est indépendant de distribution de probabilités.

Le risque pour chacun des seuils varie en relation avec le potentiel de collage de chaque balle, comme illustré en Figure 2-10.

En pratique, le collage de la balle est inconnu quand elle est classée. Dans le cas du classement de toute une production, le risque de litige est le risque moyen de toutes les balles, qui dépend de la distribution de probabilité du collage dans la population.

Comme cette distribution est inconnue, aucun calcul ne peut être réalisé à l'avance sur le risque global, mais on connaît la limite supérieure du risque maximum. Ainsi, comme il est impossible de baser les calculs sur le risque global, on peut utiliser le risque maximum. Si celui-ci est fixé à une valeur relativement basse, un faible risque de litige peut être espéré.

Une méthode pour limiter le risque maximum consiste à être plus strict à la classification qu'à l'évaluation. Pour garantir qu'une évaluation des balles ne donnera pratiquement jamais un niveau de collage supérieur à la limite requise par le filateur (appelé seuil à l'évaluation), le producteur doit classer ses balles en utilisant un seuil plus faible (appelé seuil à la classification).

Par exemple, si le seuil à l'évaluation est maintenu à 10 points collants, mais le seuil de classification est fixé à 3 points collants, alors le risque de litige pour la balle d'un niveau de collage de 12 points est seulement de $0.0237 \times (1-0.428) = 0.0086$, i.e. 1.4%.

Le risque maximum a été calculé en fonction des seuils (classification et évaluation), avec une ou deux mesures. Les Figure 2-11 et Figure 2-12 montrent des tracés pour ce risque en fonction des seuils de classification et d'évaluation.

Par exemple, si le seuil à l'évaluation est fixé à 15 points, alors le seuil au classement de 3 points résulterait en un risque maximum de approximativement 1%. Avec deux mesures par balles, le seuil de classement peut être fixé raisonnablement à 6 points sans augmenter le risque maximum.

Pour rendre les calculs plus formels, le litige est la conjonction de deux événements indépendants :

A : la balle est classée comme non collante ;

\bar{B} : la balle est évaluée comme collante.

Le risque de litige, comme défini précédemment, peut être calculé comme suit : en exprimant la moyenne à partir du total X de r mesures, on obtient la probabilité des événements de A et B :

$$\begin{aligned} P(A) &= P(M \leq t_s) = P(X \leq rt_s) \\ P(B) &= P(M' \leq t_s) = P(X \leq rt_s) = P(A) \end{aligned} \quad \text{(Equation 2-5)}$$

Ainsi, $P(\bar{B}) = 1 - P(A)$.

Le total X suit une distribution binomiale négative de paramètres rm et rk , car les comptages sont indépendants [Johnson, Kotz et Kemp, 1992]. Cela donne :

$$RL(m) = F(rt_s)(1 - F(rt_s)) \quad \text{(Equation 2-6)}$$

Le risque de litige RL dans cette formule dépend de la moyenne m , du nombre de mesures r et du seuil de collage t_s . Pour un seuil donné t_s et un nombre donné de mesures r , le risque varie avec la moyenne m et passe par un maximum comme donné dans l'exemple (Figure 2-10). Ce risque est spécifique à chaque balle.

Son maximum selon la moyenne m est le même que le maximum selon $P(A)$ car cette probabilité est une fonction strictement décroissante de m . La dérivée de RL donne :

$$\frac{\partial RL(m)}{\partial P(A)} = -2P(A) \quad (\text{Equation 2-7})$$

à partir de laquelle on peut déduire un maximum $RL_{max} = 0.25$ quand le seuil est une médiane de la distribution. Ce risque est trop important pour une classification à cause du coût des réclamations qui serait très élevé.

Un moyen de limiter le risque maximum est de fixer un seuil à la classification t_c inférieur à celui imposé par l'acheteur que nous appelons risque à l'évaluation l_v . Dans ces conditions, l'expression du risque, $RL(m) = P(A)[1 - P(B)]$, devient :

$$RL(m) = \sum_{x=0}^{r l_v} \frac{\Gamma(r k + x) (r m)^x (r k)^{r k}}{\Gamma(x+1) \Gamma(r k) (r m + r k)^{(r k + x)}} \left[1 - \sum_{x=0}^{r l_v} \frac{\Gamma(r k + x) (r m)^x (r k)^{r k}}{\Gamma(x+1) \Gamma(r k) (r m + r k)^{(r k + x)}} \right] \quad (\text{Equation 2-8})$$

Risque de litige pour une production complète

Nous sommes intéressés par le risque de litige moyen pour une production complète, cette moyenne étant pondérée par la fonction densité de probabilité du niveau moyen de collage par balle $f(m)$.

Le risque global RG est :

$$RG = \int_0^{\infty} RL(m) f(m) dm \quad (\text{Equation 2-9})$$

Ce risque RG devrait être évalué par une étude spécifique à chaque pays et son environnement de production. Cette recherche spécifique nécessite un échantillonnage prenant en compte la représentation statistique de l'intégralité de la production.

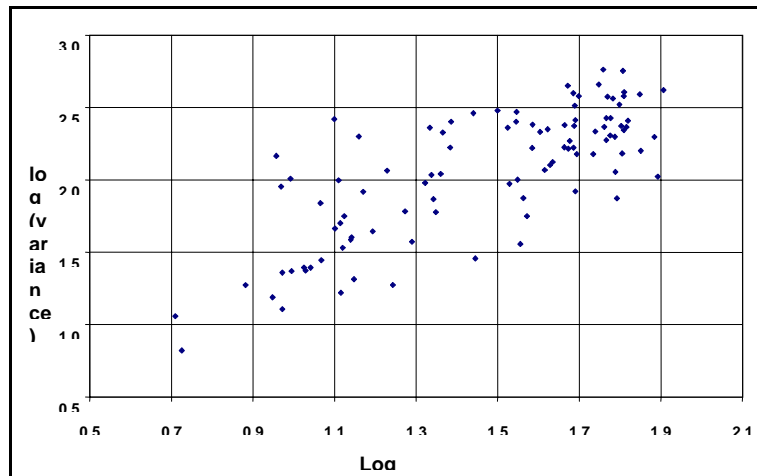


Figure 2-8 : Relation Variance / Moyenne du nombre de points collants mesurés par H2SD.

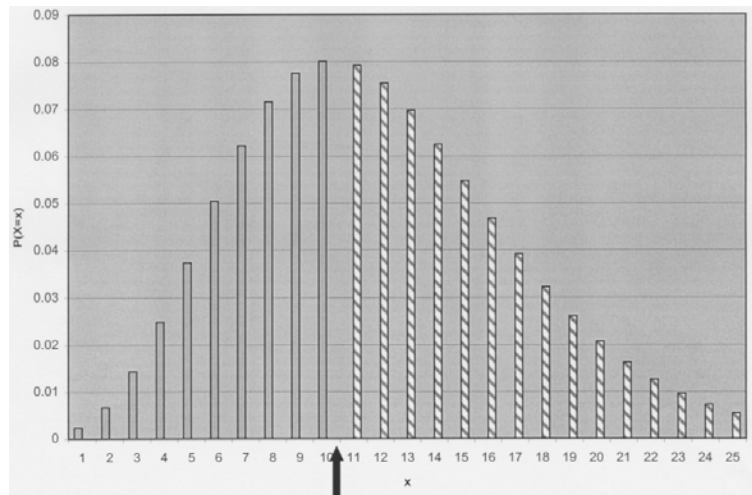


Figure 2-9 : Distribution binomiale négative du nombre de points collants, moyenne = 12 et $k = 9.43$.

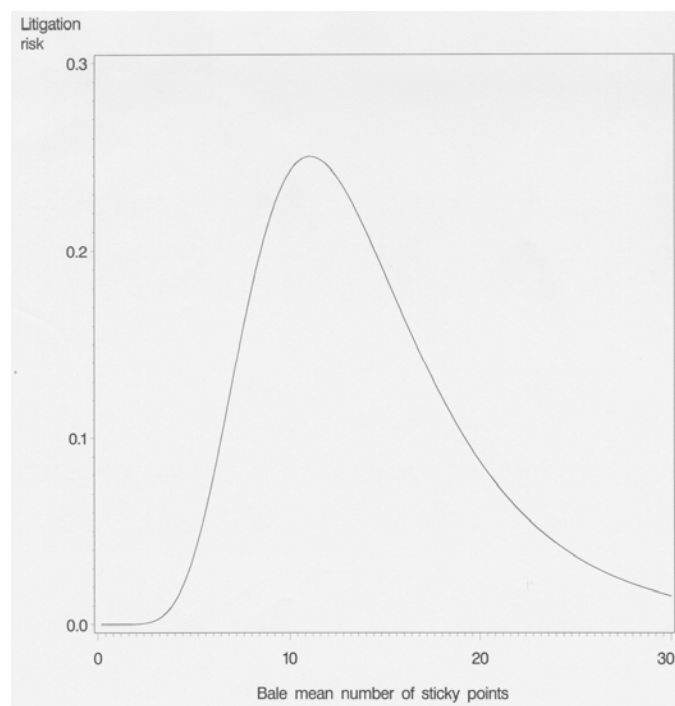


Figure 2-10 : Risque de litige quand le seuil de classification = seuil à l'évaluation = 10 points. Distribution binomiale négative, $k = 9.43$, $R=1$ mesure par balle.

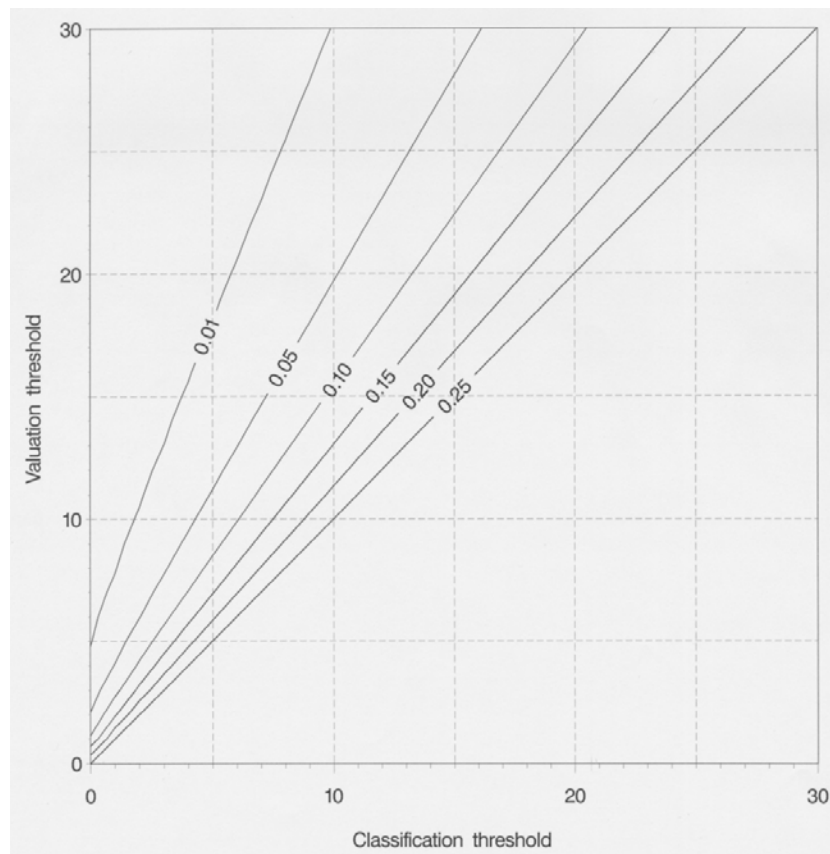


Figure 2-11 : Seuil à l'évaluation lv en fonction du seuil de classification ts dans le cas d'une distribution binomiale négative avec $k = 9.43$ et 1 mesure H2SD par balle ($r=1$).

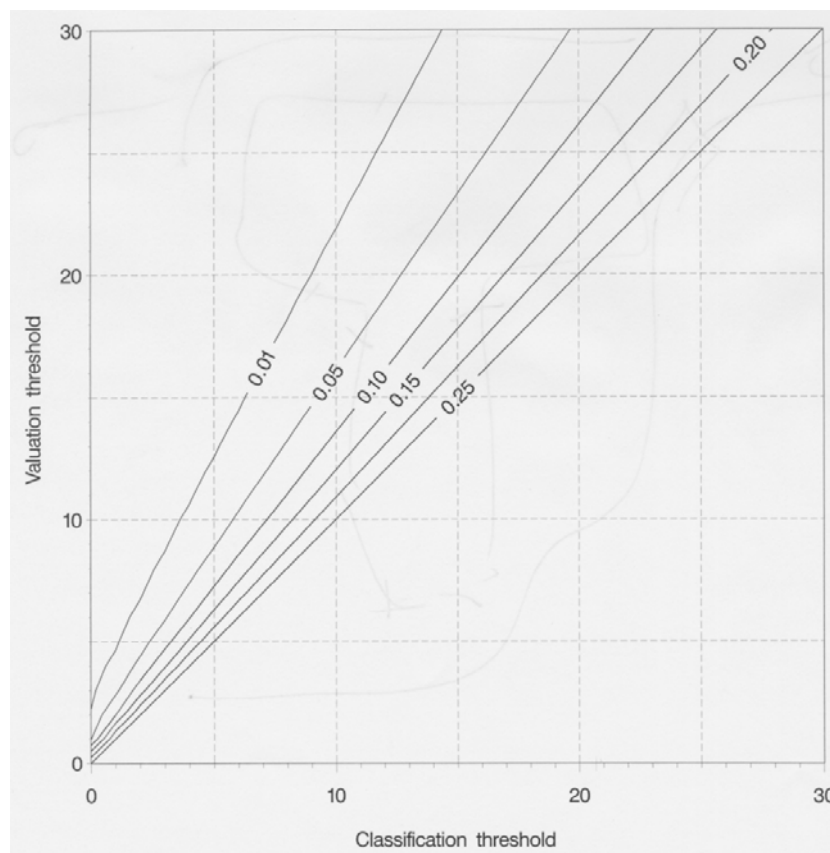


Figure 2-12 : Seuil à l'évaluation lv en fonction du seuil au classement ts dans le cas d'une distribution binomiale négative avec $k = 9.43$ et 2 mesures H2SD par balle ($r=2$).

2.6. Expérimentation complémentaire : expérimentation avec 7680 échantillons prélevés sur tout le pays

2.6.1. Objectif

Etude de la variabilité intra-balle du collage, ainsi que des autres sources de variabilité pour déduire un risque de litige applicable dans une classification commerciale.

2.6.2. Matériels et méthodes

La prochaine étape est de confirmer les informations recueillies au travers d'une large expérimentation. Pendant notre visite au Soudan en décembre 1998, nous avons défini l'étape suivante en accord avec toutes les parties impliquées dans le projet. Les choix ont été faits pour représenter la production soudanaise. Le Tableau 2-1 donne les informations qui ont servi à fonder nos choix.

Les principales informations sur la production sont données en Tableau 2-1 et Tableau 2-2.

Tableau 2-1 : Tableau par variété et zone géographique.

	Zone géographique			% de la production
	Zone1	Zone 2	Zone 3	
Production	25%	25%	50%	
Variété 1	17%	17%	66%	75%
Variété 2	0%	0%	100%	25%

Tableau 2-2 : Répartition des usines dans la zones cotonnière.

	Zone géographique		
	Zone1	Zone 2	Zone 3
Type d'égrenage	Scie	Scie	Scie : 1
Nombre d'usines	3	4	Rouleau : 12

Pour obtenir un échantillon représentatif de la production, et en accord avec une limite économique, nous avons choisi le protocole suivant :

- Huit usines ont été échantillonnées parmi les 20 installées au Soudan, en prenant en compte les variétés et la répartition entre égrenage rouleau et scie. Les usines retenues ont été choisies pour leur forte production pour obtenir une meilleure représentativité de la production.
 - Dans chaque usine, 30 lots ont été choisis pendant la campagne 1998/1999.
 - L'hypothèse de 100 balles par lot a été retenue dans tous les cas.
 - Pour chaque lot, une balle sur 50 a été échantillonnée. En pratique, les balles numérotées 25, 75, 125, 175, ..., (toutes les 50 balles) ont été échantillonnées.
 - Pour chaque balle retenue, 16 couches différentes ont été échantillonnées par la prise de 50 grammes sur chaque couche.
 - Pour chaque échantillon, les informations importantes pour l'analyse des données ont été relevées.
- Pour faciliter l'échantillonnage, les échantillons ont été prélevés dans le *lint slide* avant l'emballage des balles. Avec tous les échantillons, nous obtenons 8 usines * 30 lots/usine * 2 balles/lot * 16 échantillons/balle soit 7680 échantillons.

Ces échantillons ont été acheminés au CIRAD à Montpellier où tous ces échantillons ont été testés sur H2SD dans un protocole randomisé par usine. Des cotons de référence ont également été intercalés dans les séries d'échantillons soudanais à analyser pour vérifier la cohérence des résultats H2SD.

2.6.3. Résultats et discussion

Aucune tendance significative n'apparaît dans les résultats sur les cotons de référence (Figure 2-13). Cela indique que les lectures H2SD sont comparables (à l'intérieur de l'intervalle de confiance) pour des cotons connus au fil du temps, comme cela est requis pour un tel appareil. Ainsi, une bonne confiance peut être attendue pour les autres résultats.

L'analyse des données de collage a été réalisée par usine.

En résumé, il peut être conclu que :

- nous observons que les productions de certaines zones de production sont non collantes alors que d'autres sont collantes ;
- il existe un effet hautement significatif de la variété ;
- le type d'égrenage n'explique pas les variations constatées de collage.

Note importante : les fibres d'une des deux variétés sont destinées au cycle de filature peignée, alors que les fibres de l'autre variété sont destinées au cycle de filature cardée. Ainsi, même si les fibres destinées au cycle peigné sont moins collantes comparée à l'autre variété, des problèmes peuvent apparaître pendant les opérations de transformation spécifiques aux longues fibres, et détériorer leur image en terme de collage.

Il apparaît que environ 34% des balles de cette campagne, en supposant que l'échantillonnage est représentatif de la production, ont un collage inférieur à 30 points H2SD (ce qui semble déjà être collant).

Des conclusions comparables peuvent être tirées pour ce qui concerne la variabilité intra-balle. Différents comportements apparaissent indiquant qu'une distribution unique ne peut pas représenter l'ensemble des données. En conséquence, un risque de litige ne peut être déduit pour l'ensemble de la production du pays.

Les données peuvent être ajustées à une loi binomiale négative de la même manière que le jeu des 100 balles déjà analysé. Le facteur de forme passe à $k = 9.78$. Cela veut dire qu'il serait possible d'établir des tables pour fixer les risques de classement et d'évaluation. Le facteur de forme k ont changé selon la loi de distribution intra-balle, qui dépend des conditions de production.

D'autres échantillonnages et tests devront être conduits pour préciser ce facteur de forme. Puisqu'il apparaît des différences significatives entre usines (Figure 2-14) dans les conditions actuelles de production, il doit être possible de les améliorer en priorité, avant de lancer une nouvelle campagne d'échantillonnage et de tests, pour connaître la loi de distribution avec ses paramètres et choisir les seuils de classement et d'évaluation.

2.6.4. Conclusion

Ces résultats montrent qu'une gamme de collage est enregistrée au Soudan. Quelques zones semblent plus sensibles aux infestations d'insectes, ce qui peut être expliqué par les zones et les variétés, même si d'autres facteurs interviennent.

Puisque des différences significatives apparaissent entre usines dans l'organisation de production actuelle, il semble nécessaire d'améliorer les paramètres de production en priorité, avant de passer à d'autres échantillonnages et analyses pour mieux connaître la loi de distribution intra-balle, et finalement établir les seuil de classement et d'évaluation.

La récolte précoce est la solution la plus efficace, comme il en a été déduit lors de discussions au séminaire de Wad Medani en décembre 2000. Cependant, une lutte efficace relève de l'utilisation de différentes techniques combinées.

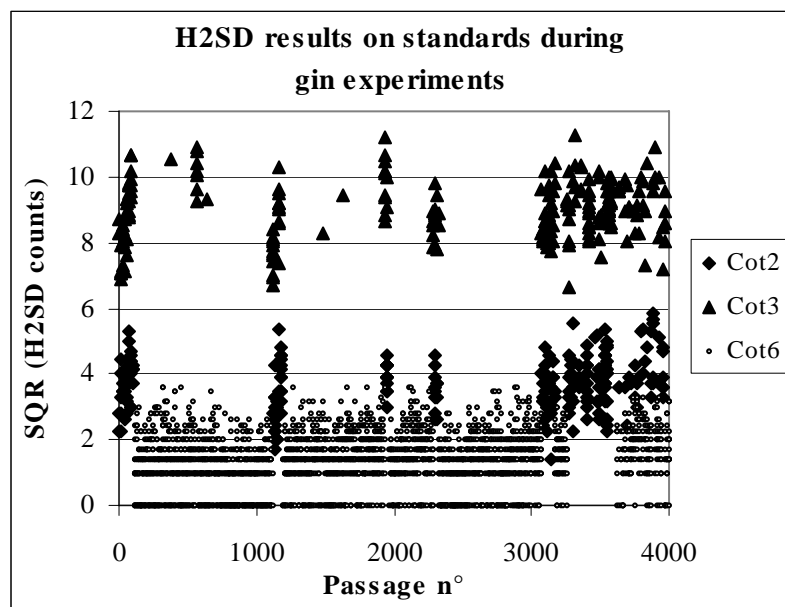


Figure 2-13 : Résultats sur cotons de référence.



Figure 2-14 : Effet usine sur le collage H2SD.

2.7. Etendue et variabilité du collage pendant la campagne 1998 au vu des résultats SCT et H2SD

2.7.1. Objectif

Une évaluation du niveau de collage au Soudan est requise pour déterminer la proportion de coton qui pourrait être classée comme non collante. Cette évaluation a été réalisée au vu des résultats SCT acheté au Soudan, et a été confirmée par un laboratoire indépendant utilisant un H2SD.

2.7.2. Matériels et méthodes

5 % des balles produites en 1998-1999 ont été échantillonnées.

Plusieurs blocs de production ont été sélectionnés dans chaque zone usine. Un bloc correspond à un jeu de 100 balles produites successivement. Un échantillon était prélevé toutes les 20 balles dans chaque bloc. Tous les échantillons ont été analysés au laboratoire de l'ARC avec des SCT. Un laboratoire indépendant, Cotton Incorporated aux USA, a reçu 2300 échantillons pour analyse. Le temps d'analyse avec le SCT étant trop important, les tests de vérification ont été réalisés avec le H2SD de Cotton Incorporated. Seules les données validées sont reportées ici.

Les analyses de vérification l'ont été sous un protocole randomisé pour éviter que des biais possibles n'affectent la variabilité des estimations entre usines. Les échantillons ont été classés selon la randomisation, mais le H2SD a été envoyé à Montpellier et les échantillons ont dû être ré-emballés dans un ordre voisin de celui d'origine. Comme l'emballage s'est fait sans prendre en compte l'usine d'origine, l'ordre d'analyse final peut être considéré comme indépendant des facteurs de variation investigués. En conséquence, l'analyse des échantillons est considérée comme randomisée. Comme l'organisation de la randomisation d'un tel nombre d'échantillons est un travail important, nous prenons pour hypothèse que les échantillons ont été randomisés également au laboratoire de l'ARC.

Des cotons de référence du CIRAD ont été également intercalés dans les séries d'échantillons en provenance du Soudan pour vérifier la stabilité des lectures des appareils au fil du temps.

2.7.3. Résultats

2.7.3.1. Distribution de fréquences des comptages

Des répétitions n'étaient pas disponibles pour vérifier la variabilité intra-balle du collage. En accord avec de précédents résultats sur SCT et H2SD, une transformation racine carrée a été appliquée sur tous les résultats avant toute étude de régression et d'analyse de variance, pour stabiliser approximativement la variance de l'erreur de mesure.

Les distributions de probabilité des résultats SCT et H2SD ont été décrites séparément pour chaque usine en utilisant des histogrammes, des distributions empiriques cumulées des moments et des quantiles. Les distributions des mesures SCT sont toujours asymétriques vers la gauche, de manière plus prononcée pour certaines usines. Les distributions des mesures H2SD sont plus symétriques, et on observe la même différence d'asymétrie que pour les résultats SCT. Dans une usine, la distribution est presque symétrique. Pour trois des quatre usines, les extrêmes des distributions sont approximativement comparables pour SCT et H2SD. Pour une autre usine au contraire, les mesures SCT allaient de 0 à 235, alors que les mesures H2SD allaient de 0 à seulement 128.

Le collage moyen varie d'une usine à l'autre. Avec le SCT, les balles d'une usine ont une moyenne de 8.5, et 31, 39 et 34 points collants pour les autres usines. Avec H2SD, la même usine montre également un collage moindre avec 16 points, les autres étant de 39, 44 et 45 points collants. Cependant, parmi ces trois usines, une usine semble la plus collante avec H2SD et la moins collante avec SCT. Les différences entre usines sont significatives.

Pratiquement, **SI** on fixe arbitrairement un seuil à 10 points collants H2SD pou obtenir un collage modéré et 20 points H2SD pour un coton collant, seule une usine montre un pourcentage intéressant de coton non collant (Tableau 2-3). Il est cependant très important de noter que la représentativité des échantillons collectés est inconnue.

Tableau 2-3 : Nombre d'échantillons par usine et grade de collage.

	H2SD			Tous
	Non collant	Modéré	Collant	
Usine 1	172	93	115	380
Usine 2	19	16	131	166
Usine 3	5	16	120	141
Gin 4	77	137	671	885

2.7.3.2. Variabilité entre mesures d'un même bloc

Avec SCT ou H2SD, une mesure précise ne peut être obtenue qu'avec plusieurs mesures. Ainsi, une classification utilisant un seul instrument est automatiquement sévère si un risque de litige doit être limité (Tamime, 2000 ; Gozé et al, 2000). Cependant, en prenant en compte les paramètres de production, il est possible que les balles d'un bloc donné qui sont produites ensemble puissent avoir un collage plus proche que celles qui sont produites à plusieurs jours d'intervalle. Si cela s'avère exact, on peut prendre en compte la variabilité intra-bloc pour proposer une méthode de classification plus puissante.

Une analyse de variance à un seul facteur montre la très haute signification du facteur bloc sur les résultats SCT comme H2SD. Ainsi, la variabilité intra-bloc est inférieure à la variabilité intra-usine.

Un modèle mixte permet l'estimation de la variance intra et inter-bloc. Un test de vraisemblance montre que ces variances ne sont pas les mêmes selon les usines. Dans une échelle racine carrée, les estimations des variances sont données dans le Tableau 2-4.

Tableau 2-4 : Estimations des variances pour SCT et H2SD (transformation racine carrée) en fonction de l'usine.

Usine	Variance Intra blocks		Variance inter-bloc	
	\sqrt{SCT}	$\sqrt{H2SD}$	\sqrt{SCT}	$\sqrt{H2SD}$
1	1.34	1.28	1.44	1.91
2	0.90	1.62	2.44	2.49
3	3.99	1.82	2.20	1.66
4	5.81	3.52	1.70	1.84

2.7.3.3. Relation entre résultats SCT et H2SD

Le SCT et le H2SD travaillent sur un principe presque équivalent de thermodétection, mais ce sont des appareils différents travaillant sur des masses de fibre et de tailles différentes, ..., et sous des températures différentes. Ainsi, ils ne donnent pas des résultats équivalents, mais des liaisons statistiques existent entre leurs résultats (Frydrych, 1996). L'objectif de ce paragraphe est de vérifier la relation entre les résultats de ces appareils.

Comme dit plus tôt, les résultats du SCT et du H2SD ont été transformés en racine carrée pour stabiliser leurs variances et rendre possible les analyses par régression.

La relation entre résultats SCT et H2SD est hautement significative ($p < 0.01$) en utilisant tout le jeu de données, mais elle est un peu lâche ($R^2 = 0.29$). Comme le classement des usines n'est pas le même pour les deux appareils, nous avons testé l'effet usine dans les régressions entre SCT et H2SD. Nous avons testé l'effet usine et l'interaction usine x H2SD dans un modèle linéaire du SCT :

$$Sct = f(gin) + H2sd \cdot g(gin) \quad \text{(Equation 2-10)}$$

Ces tests montrent que la pente est affectée par l'usine. Nous avons donc calculé les régressions par usine. Sur les balles de l'usine 3, la pente n'est pas significativement différente de 0, et il n'y a pas de relation significative entre SCT et H2SD. Au contraire, les trois autres usines montrent une relation entre SCT et H2SD, avec un R^2 entre 0.17 et 0.28. Si on regarde la relation entre racine carrée (SCT)

en fonction de la racine carrée du (H2SD) sur les blocs où cinq échantillons étaient présents, le coefficient de corrélation est de $r = 0.70$.

Ces résultats indiquent que la qualité d'échantillonnage et de la randomisation a un grand effet sur la relation entre appareils. Des procédures strictes d'échantillonnage doivent être réalisées pour obtenir des mesures fiables de collage, comme cela est réalisé dans certains pays pour les analyses HVI.

2.7.3.4. Contamination d'un échantillon à l'autre sur H2SD

La question posée est : existe-t-il une contamination d'un échantillon sur le suivant au H2SD qui puisse affecter les résultats ? En effet, il serait possible que quelques points collants d'un échantillon précédent puissent être transférés à l'échantillon suivant et en affecte ainsi ses résultats.

La méthode utilisée pour détecter un tel effet réside dans l'étude en régression linéaire de la relation existant entre le nombre de points collants des cotons de référence non collants en fonction du nombre de points collants du coton précédent. Il existe une relation significative ($P=0.0014$), mais elle est très faible ($R^2=0.0063$) sur les données transformées par une racine carrée.

$$Y = 1.0099 + 0.0804 X$$

Dans cette formule, la constante représente le bruit (1 point collant), alors que la pente représente la relation de dépendance. Il faut prendre en compte que les résultats sur l'axe OX sont aussi variables que ceux sur l'axe OY.

Si on omet cette limitation, un coton de 100 points collants augmenterait le niveau de collage du coton de référence non collant de 10×0.08 , ou 0.8 en échelle racine carrée. Dans l'échelle normale, cela devient $1 + 1.6 + 0.64$ ou 3.24 points collants, ce qui correspond à une augmentation de 2.24 points en moyenne.

Si l'on n'omet pas la restriction précédente, selon Snedecor et Cochran, il est possible de corriger la pente selon des méthodes statistiques spécifiques pour obtenir la formule suivante, également significative avec un faible R^2 :

$$Y = 1.05 + 0.089 X'$$

Serait-il nécessaire de corriger les résultats ?

Un biais modéré peut exister sur les résultats d'un coton analysés après un autre très collant. Cependant, la conséquence n'est pas très importante, car elle augmente le risque de classer une balle non collante comme collante ce qui rend le test H2SD encore plus fiable comme espéré. Nous pouvons ajouter que ce biais décroît si plus d'une mesure est réalisée pour chaque échantillon de coton, où le risque de contamination n'existe que pour le premier spécimen de cet échantillon.

Cela représente une perte financière pour le producteur, mais il améliore la confiance dans la mesure et dans le producteur.

2.7.4. Discussion

L'absence de relation entre SCT et H2SD est troublante pour les résultats de l'usine 3 (SCT et H2SD). Tous les résultats ont été obtenus dans les mêmes conditions, pendant une même série de tests où l'ordre d'analyse des échantillons a été randomisé. Ainsi, si les résultats sont valides pour trois usines, ils devraient l'être également pour la quatrième. Nous envisageons une erreur dans l'identification des échantillons de l'usine 3.

Parmi les quatre usines concernées par cette étude, une seule a montré une proportion intéressante de balles non collantes. Il est important de noter que la représentativité de l'échantillon dans cette campagne ne peut pas être certifiée. Cependant, ces résultats confirment les résultats précédents sur les récoltes précédentes, et peuvent être expliqués par la non coïncidence entre la présence d'insectes dans le champ et la phase d'ouverture des capsules pour une variété.

2.7.5. Conclusion : recommandations pratiques pour la classification

Parmi les usines prises en compte dans cette étude, l'usine 1 apparaît la plus intéressante pour une effort de valorisation : avec le même nombre de balles produites, cette usine produit le plus haut pourcentage de balles non collantes. Plus généralement, des stratégies devraient être adoptées pour concentrer les efforts de classification en fonction d'objectifs à court ou moyen terme fondées sur des bases économiques.

Pour ce qui concerne l'utilisation d'une plus faible variabilité intra-bloc, une analyse plus fine des résultats de routine devrait permettre la fourniture d'un protocole plus économique pour classer le coton. Pour l'instant, la variance intra-bloc étant variable d'une usine à une autre, aucune règle générale ne peut être tirée. Le principe d'utilisation de tables pour évaluer les risques de litige peut être envisagée pour déduire les règles à suivre pendant la classification pour obtenir un meilleur retour sur investissement d'un tel outil.

Des procédures strictes d'échantillonnage sont nécessaires pour obtenir des informations fiables de collage à tous les niveaux de production (intra-balle, intra et inter-lot, ...)

2.8. Conclusions générale pour la composante A

L'objectif de cette composante était de trouver un moyen de mesurer le collage des fibres de coton, sa variabilité à différents niveaux (balle, lot, ...), pour définir une procédure d'échantillonnage et d'analyse pour une classification de l'ensemble d'une production annuelle.

Comme défini dans l'*Appraisal Report*, qui constitue un accord pour le financement par l'*International Cotton Advisory Committee* et le *Common Fund for Commodities*, plusieurs outils d'analyse ont été testés sur la production soudanaise pendant le projet.

Au début du projet, deux instruments ont été utilisés pour mesurer le collage :

- Le *Stickiness Cotton Thermodetector* (SCT) a été utilisé en premier lieu au début du projet. Il est important de noter, qu'au moment de l'acceptation de ce projet, SCT était la référence pour mesurer le collage, car cet appareil a été recommandée par l'*International Textile Manufacturers Federation* (1994). Dans les mêmes temps, de nouveaux développements étaient engagés pour créer d'autres méthodes, mais elles n'ont pas pu être prises en compte car les travaux n'étaient pas finalisés.
- La méthode par *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) a été utilisée en parallèle pour mesurer la teneur en tous les sucres individuels des miellats de certains échantillons. Cette méthode a été surtout utilisée dans la composante B.
- In 1998, cependant, il a été décidé d'utiliser la nouvelle méthode de mesure appelée *High Speed Stickiness Detector* (H2SD) car le SCT est trop lent dans un environnement de classification. Quelques caractéristiques ont été décrites pour en démontrer ses avantages, et les résultats obtenus pendant ce projet ont également permis son amélioration et la définition de ces avantages comparatifs face au SCT.

Des textes normatifs existent pour décrire les procédures d'utilisation d'échantillonnage et d'utilisation des deux instruments principalement utilisés pendant de projet. Il est important de noter que les extraits de normes cités dans ce rapport ne sont que des extraits qui ne peuvent être utilisés comme documents de référence. Référence doit être faite à des documents officiels.

Même si ces normes sont en passe d'être adoptées (après encore quelques modifications), nous avons déjà noté qu'elles peuvent ou non être adaptées dans un environnement de classification commerciale, plus particulièrement celles relatives à l'échantillonnage, surtout si elles ne prennent pas en compte la variabilité du collage à différents niveaux de la production. Les études reportées ici sont relatives à la mesure de la variabilité intra-balle. Avec cette connaissance, il est alors possible de définir des conditions opérationnelles de classification (nombre d'échantillons par balle ou par lot et/ou le nombre de mesures par échantillon) pour assurer une 'certification' du collage pour chaque lot en prenant en compte le risque de litige entre vendeur et acheteur de ces matières premières. Un faible nombre de réclamations peut alors être espéré.

Beaucoup d'expérimentations ont été réalisées en ce sens. La première était basée sur les SCT installés au début du projet à l'*Agricultural Research Corporation*. Après une formation de tout le personnel, six techniciens utilisaient les six SCT installés pour préparer les feuilles d'aluminium. Ces feuilles étaient ensuite transmises à deux autres personnes en charge du comptage des points collants sur les feuilles d'aluminium.

Sur la base d'un vaste plan d'échantillonnage (un échantillon de 16 couches différentes de 500 balles égrenées au rouleau et 500 égrenées à la scie), cette expérimentation a montré que la distribution des points collants ne peut être raccordée à une loi de Poisson typique attendue. En plus, le collage n'est pas uniformément distribué au sein des balles.

Cette distribution spécifique des points collants SCT était principalement due à un effet opérateur et à une interaction entre le compteur et le niveau réel de chaque balle. Autrement dit, le niveau de collage assigné à une balle donnée est dépendant de qui compte les points collants et du niveau de collage de cette balle. Des expérimentations indépendantes ont confirmé cette hypothèse.

Dans ces conditions, il n'est pas possible d'évaluer le collage (ou d'autres caractéristiques) car les résultats sont biaisés à tout moment, et ce biais n'est pas acceptable en utilisation commerciale à cause du risque important de réclamation qu'il peut induire. En complément, nous n'avons pas pu déduire de loi statistique simple à partir des données collectées, ce qui rend l'établissement de procédures spécifiques impossible pour une classification commerciale.

Il fut alors décidé d'abandonner le SCT comme outil de classification à cause de son effet opérateur. Cependant, il semble important de mentionner que le SCT est capable de séparer des balles de collage différents, mais seulement à l'échelle du laboratoire.

Nous avons décidé d'utiliser le H2SD pour caractériser 100 balles car son automatisation annule l'effet opérateur et l'interaction avec la mesure. Cent autres balles ont été analysées sur H2SD pour tenter de découvrir la loi statistique de distribution des points collants dans les balles. Une hypothèse a été avancée sur la base des résultats obtenus : il s'agirait d'une distribution binomiale négative de coefficient de forme $k = 9.43$.

A partir de cette hypothèse, ce rapport décrit une méthode pour calculer le risque de litige de la distribution de probabilités des mesures du nombre de points collants, et la méthode a été employée sur les résultats de l'étude de la variabilité intra-balle. Il a été démontré qu'un seul seuil de classification conduirait à un risque maximum de litige de 25 %. Ainsi, l'application d'un seuil au classement (côté producteur) inférieur à un seuil d'expertise ou d'évaluation (côté acheteur) était recommandé pour diminuer ce risque maximum de litige. Des tableaux montrent l'estimation du risque maximum de litige sur la base des deux seuils fixés dans la procédure commerciale. Rappelons qu'une organisation spécifique de la production peut avoir un effet important sur la distribution intra-balle du collage, et peut légèrement affecter la manière d'isoler les balles collantes de celles qui ne le sont pas.

Pour confirmer cette hypothèse, une expérimentation supplémentaire a été réalisée pour étudier la variabilité intra-balle en tenant compte de la représentativité géographique des usines et de la contribution respective des deux principales variétés plantées : Acala et Barakat. Un échantillonnage particulier a été réalisé pour représenter la production soudanaise. La mesure du collage a été réalisée sur H2SD.

Les résultats correspondants ont démontré la grande gamme de collage qui peut être enregistrée au Soudan selon la représentation géographique des zones usines selon l'hypothèse que le coton-graine est produit dans leur voisinage. Certaines zones semblent être plus sensibles aux insectes, ce qui peut être expliqué par le lieu, la variété et leur interaction. Cependant, il a également été montré qu'une partie de la production soudanaise est affectée à un faible degré par le collage. En moyenne, la variabilité intra-balle du collage reste non significative, c'est-à-dire qu'il n'y avait pas de différence de collage selon la couche de prélèvement dans la balle.

Parmi les usines étudiées, certaines seraient plus concernées par un effort de classement : avec un même nombre de balles produites, ces usines fournissent le plus grand nombre de balles non collantes. Plus généralement, cette conclusion conduit à trouver des stratégies pour concentrer les efforts de classement en fonction d'objectifs à court et long terme fondés sur des aspects économiques.

Certaines informations peuvent être déduites des données pour élaborer une organisation pour la récolte et l'égrenage du coton-graine basée sur les blocs de production en place au lieu de grouper les sacs de différents blocs. Nous pouvons déjà voir qu'une classification dans ces conditions pourrait apporter d'autres utilisations des résultats d'analyse. Cette information (sans regroupement de coton-graine en provenance de différents blocs + classification instrumentée) permettrait une meilleure connaissance des zones de production. En effet, quand le coton-graine d'un seul bloc est égrené séparément, tout problème de collage est lié à son origine, c'est-à-dire le bloc de production. Avec une telle information, une carte peut être réalisée pour localiser les principales zones où les insectes sont apparus, et ainsi des recherches de leur(s) cause(s) peuvent être programmées. Cette carte peut être mise en relation avec celle des infestations pour déduire des effets variétaux où certaines variétés pourraient échapper au pic d'infestation par les insectes, par les types de sols ...ou toute autre interaction dans les méthodes de production. La récolte précoce est également apparue comme la solution la plus efficace selon les discussions à Wad Medani en décembre 2000. Cependant, la lutte contre le collage requiert la combinaison de plusieurs solutions.

De l'expérimentation précédente, nous avons montré qu'une organisation spécifique de production, de la collecte de coton-graine de l'égrenage et de la classification pourrait permettre d'améliorer la situation face au collage au Soudan. Cependant, les conditions actuelles doivent également être considérées pour définir les méthodes opératoires et les conditions d'échantillonnage pour la classification.

Pour ce qui concerne l'utilisation d'une variance plus faible de la variabilité intra-bloc, une analyse plus fine des résultats d'analyse de routine devrait apporter une méthode plus économique pour classer les cotons. La variance intra-bloc étant variable d'une usine à l'autre, il n'est pas possible de

dégager de règle générale. Le principe d'utilisation de tables pour évaluer le risque de litige peut être envisagée pour déduire les règles à suivre pendant la classification de manière à obtenir un meilleur retour sur investissement pour un tel outil.

Pour résumer, il existe une variabilité du collage en fonction de la variété, du bloc de production (ce qui peut être résolu par une organisation de la collecte du coton-graine et des pratiques en égrenage. Une classification peut être installée au moins pour mieux connaître la répartition des infestations par les insectes et résoudre ou limiter leurs effets.

L'autre utilisation de la classification serait de garantir une certaine qualité à des lots homogènes en terme de collage. Les conditions de test ne sont pas claires car la variabilité du collage dans l'organisation actuelle ne permet pas de trouver de loi statistique pour définir la précision et la justesse des mesures qui serait valide pour la production entière. Cependant, une mesure peut être réalisée pour isoler les lots fortement contaminés du reste de la production, commencer à stabiliser une organisation pratique et commencer à vendre les fibres sur la base de cette mesure de collage.

Des méthodes pour évaluer le risque de litige en fonction de deux seuils – à la classification et à l'évaluation ou expertise – sont maintenant disponibles et pourront être employées dès que la loi statistique sera déduite des observations dans la nouvelle organisation de la production.

Par ces nombreuses expérimentations, nous avons vu que le SCT n'est pas complètement adapté à une classification commerciale car un effet opérateur intervient pendant la mesure et retire en partie la confiance dans les résultats issus de cette analyse. Grâce à son automatisation, le H2SD n'a pas ce biais et peut être utilisé pour une classification car l'effet opérateur n'interagit pas dans la mesure.

Chapitre 3. Composante B : Développement d'un seuil pour la transformation économique des cotons collants

Des méthodes pour neutraliser le collage sont en cours au CIRAD. Le travail de laboratoire conduit jusqu'ici indique que le collage peut être neutralisé sans affecter la qualité des fibres. L'emploi d'un procédé de neutralisation nécessite du temps et ne devra être employé que s'il est avantageux économiquement. L'établissement de seuils pour la filature des cotons seront ainsi un avantage majeur pour la filature. Le principal intérêt de cette composante est d'établir un tel seuil.

Les opérations envisagées dans cette composante se réaliseront en France à l'Institut Français du Textile et de l'Habillement (IFTH, ex ITF) où, en concertation avec le CIRAD, les activités de recherche vont se concentrer sur l'impact de divers degrés de collage sur la filature (à l'échelle industrielle) et les variables qui affectent cet impact. Les cotons collants perturbent la filature en collant sur certaines parties des machines de filature. Il semble que le problème varie en fonction de l'étape dans la transformation conduisant à la production de fils. La préparation des fibres de coton (batteurs, mélangeuse, ouvraison, nettoyage) est grandement affectée si la quantité de coton collant travaillée est très grande (plusieurs centaines de kilogrammes). Le collage a un effet considérable pendant le cardage et conduit à des irrégularités dans les rubans de carde ou, dans des cas extrêmes, rend le cardage impossible. Les machines doivent alors être arrêtées et nettoyées. Pour ce qui concerne les bancs d'étirage, les bancs à broches et les machines de filature, le miellat est déposé sur les rouleaux (alimentation, étirage, etc.) et cause des irrégularités et des casses de fil. La filature souffre de problèmes comme des encrassements fréquents des tables d'alimentation et des rotors, qui nécessitent l'arrêt répété des machines pour nettoyage. Cela conduit à des fils de moindre qualité et des coûts de production plus élevés.

Les activités relatives au développement de méthodes post-récolte prévues dans le projet sont largement basées sur les connaissances accumulées par le CIRAD dans des travaux précédents sur la neutralisation du collage (en particulier l'impact de la pression, de chaleur et d'humidité, telles qu'étudiées dans des conditions de laboratoire). Les recherches sur le SCT ont révélé que le nombre de points collants dans les échantillons fluctue en fonction de l'humidité ambiante dans l'air. Les résultats semblent stables entre 55% et 65% RH. A l'extérieur de cette plage, il y a une forte baisse du nombre de points collants. Le potentiel maximum de collage s'exprime donc entre 55 et 65% RH. Cela indique deux pistes de neutralisation du collage : par séchage et par humidification. Le projet TNCC9 de neutralisation du collage développé par le CIRAD utilise la même combinaison de facteurs que le SCT, c'est-à-dire pression, chaleur, humidité. Ces résultats ont montré l'importance d'étudier l'impact du collage sur les conditions industrielles de filature.

Les études entreprises dans le cadre de ce projet détermineront les effets des cotons collants sur la filature et sur la qualité des fils. Le niveau de seuil de collage qui permet encore de produire des fils de qualité sera établi. Des tests seront également réalisés pour vérifier la proportion dans laquelle des cotons collants peuvent être mélangés avec du coton non collant pour obtenir un niveau acceptable de qualité, c'est-à-dire permettre la filature sans perturbation du cycle de filature habituel. Les tests seront réalisés en filature conventionnelle à anneaux et curseur et en filature à bouts libérés, et se feront dans des conditions atmosphériques différentes afin d'établir l'impact de différents niveaux de température et d'humidité relative. Tous ces tests seront réalisés dans des conditions industrielles et utiliseront les fibres de 60 balles classées selon leur degré de collage dans la composante A (environ 13500 kg). Des mesures de qualité seront réalisées par l'IFTH et le CIRAD en utilisant des appareils de mesure certifiés et des procédures standardisées pour la caractérisation des propriétés / défauts utiles.

Dans le cadre de cette composante, les outputs suivantes seront apportées par les activités suivantes.

Output 2.1 L'effet des cotons collants sur la filature et la qualité des fils ou des produits fabriqués.

Environ 400 kg de chaque coton (environ 2 balles) seront nécessaires entre la préparation et l'étirage. 100 kg de fibres seront suffisants pour la filature. Tous les tests (sur 30 x 2 balles) seront réalisés dans des conditions industrielles. Les taux de casse aux différentes étapes de la transformation seront comptabilisés et la production sera évaluée. Les tests de laboratoire consisteront en la mesure :

- de la longueur de fibres et de la ténacité sur HVI Zellweger-Uster (sur la matière brute et les rubans de carde) et des paramètres de maturité-finesse sur un maturimètre Shirley FMT ;
- du niveau de collage avec SCT à chaque étape de transformation depuis la balle jusqu'au deuxième étirage, pour évaluer toute variation en cours de production ;
- de la régularité à chaque étape (de la carde jusqu'au fil) en utilisant un régularimètre Uster Tester III, et de la ténacité des fils produits ;
- des défauts Classimat, pour classer les différents défauts rencontrés (Uster, Classimat II) ;

Le niveau de collage pendant la filature sera évalué par des analyses qualitatives à différentes étapes de la production et par des analyses quantitatives de laboratoire en comparaison à des cotons non collants.

Le mêmes lots de coton seront utilisés pour la filature à rotor. Les contrôles pendant la production et les tests qualitatifs au laboratoire seront identiques à ceux réalisés lors du procédé conventionnel. La qualité des fils produits sera déterminée en utilisant la méthode (développée par le Laboratoire de Technologie Cotonnière du CIRAD) pour différencier les neps selon leur origine : débris de coque, neps fibre, neps collants et fragment de feuille. Cette méthode sera utilisée pour compter les neps induits par le collage dans le fil industriel et consiste à une mesure de régularimétrie sur Uster UT3. Les réglages choisis sont : vitesse 50m/mn, points fins (-50%), points gros (+50%), neps (200%). Ces réglages seront utilisés pour les deux tests de régularimétrie, c'est-à-dire une test normal (pour le nombre total de neps) et une analyse détaillée qui sera réalisée pour identifier les différents types de neps. Chaque imperfection est examinée sous une loupe et sous fort éclairage. Le fil est bloqué pendant un moment (20 secondes), puis est relâché pour stabiliser pendant 5 secondes avant la mesure. Les imperfections sont classées comme débris de coque, neps fibre (emmêlement de fibres et neps collants) et fragments comme les feuilles. Les pourcentages obtenus pour chaque type d'imperfections est ajusté au total des neps observés sur 1000 m pour obtenir le nombre de chaque type de neps sur 1000 m.

Activité 2.1.1 Des cotons avec des niveaux connus de collage seront filés sur filature conventionnelle (RS) et à rotor (OE) à l'échelle industrielle.

Activité 2.1.2 L'effet du coton collant sur la filature et sur la qualité du fil sera établie.

Output 2.2 Etablissement de seuils de collage pour la filature

Activité 2.2.1 Le niveau acceptable de collage pour la filature conventionnelle et rotor (à l'échelle industrielle) sera déterminé. Un niveau de collage interdisant la transformation sera déterminé.

Output 2.3 Des mélanges de coton collant avec du non collant seront préparés de manière à ce que le collage ne soit plus un problème pendant la filature

Un moyen d'utiliser les cotons collants serait de les mélanger avec des non collants afin d'obtenir un mélange dont le collage serait inférieur au seuil critique de collage. Les proportions de chaque type de coton dépendrait du collage du coton contaminé qui lui dépend d'au moins deux facteurs, le nombre de points collants mesurés sur le détecteur et la distribution de la taille de ces points collants. Cinq types de coton (parmi les 30 utilisés dans le processus industriel) seront utilisés (par exemple avec 25, 50, 75, 100 et 150 points collants SCT). Ces cotons seront mélangés en des proportions variables avec du coton non collant. Le nombre de points collants ainsi que leur taille seront étudiés.

Activité 2.3.1 Des mélanges de cotons de différentes origines (collant et non collant) seront préparés.

Activité 2.3.2 Des mélanges seront caractérisés sur le détecteur de collage et des standards seront établis pour aider les filateurs à mélanger des cotons collants avec des non collants sans affecter la filature (conventionnelle et open-end) ou la qualité du fil.

Output 2.4 L'effet de l'humidité relative sur le collage sera établi

L'humidité relative de l'air est connue pour avoir un effet sur la filature des cotons collants. Les filateurs utilisent cette propriété de manière empirique. Le but de cette étude est de déterminer le seuil critique d'humidité relative de l'air pendant la filature du coton de différents niveaux de collage (nombre de points collants et leur taille). Six types de coton (parmi les 30 utilisés dans l'expérimentation industrielle) seront utilisés. L'étude du procédé de filature (micro-filature) sous différentes humidités relatives seront réalisées en filature classique et à rotor pour trois titres de fil. Toutes les perturbations lors de la fabrication (carde, étirage, filature) seront évaluées (dépôts de points collants sur différentes parties de machines, enroulements et casses de fils, etc.). La résistance de fil et sa régularité seront mesurées. Les différents types de neps seront identifiés, comptés et étudiés.

Activité 2.4.1 L'effet de l'humidité atmosphérique sur la filature des cotons collants et la qualité des fils sera étudié.

3.1. Filature cardée de cotons collants : effet du collage sur la productivité et la qualité du fil

3.1.1. Objectif

Quel type de mesure de collage est le plus approprié pour prédire la filabilité des cotons ? Quelle est la relation exacte entre taux de casse, rendement et collage ? Ces questions, et beaucoup d'autres, sont requises pour comprendre le phénomène de collage et doivent d'abord obtenir une réponse précise. Il est donc difficile d'évaluer précisément les effets économiques du collage sur la filature industrielle (Floek, 1998) et ses conséquences pour déterminer de manière rationnelle les décotes financières à appliquer aux cotons collants (Hoelscher, 1998).

Pour répondre à ces questions et avoir une compréhension plus précise de effets du collage en filature, une étude quantitative a été réalisée en utilisant une grande variabilité de collage (Fonteneau-Tamime, 2000) pour enregistrer différents paramètres qualitatifs et quantitatifs.

3.1.2. Matériels et Méthodes

3.1.2.1. Matériels

Soixante balles de la campagne 1996-1997 au Soudan ont été utilisées pour cette étude. L'ARC, en collaboration avec la SCC, a sélectionné ces balles sur la base d'une mesure du collage à la mini-carde. Les fibres de moyenne longueur d'Acala ont été transformées par procédé cardé, alors que les fibres longue soie Barakat ont été utilisées en cycle peigné conventionnel.

Environ 30 balles ont été retenues pour couvrir une gamme large de collage tout en gardant une gamme des autres caractéristiques technologiques aussi restreinte que possible. Une procédure d'échantillonnage dans 10 couches équidistantes de chaque balle a été réalisée pour en mesurer les caractéristiques technologiques. Les mesures suivantes ont été réalisées :

- HVI (*High Volume Instrument* ZELLWEGER USTER 900), pour Mean Length (ML) et Upper Half ML (UHML), uniformité de longueur UI%, ténacité et allongement HVI ;
- FMT (*Fineness Maturity Tester* SDL3), pour micronaire, finesse et maturité ;
- SCT (*Thermodetector* SCT), pour le nombre de points collants ;
- H2SD (*High Speed Stickiness Detector*), pour le nombre de points collants et leur taille.

Vingt-quatre balles ont été finalement retenues pour les tests en filature cardée. Dix de ces balles étaient égrenées au rouleau. Leurs caractéristiques étaient relativement homogènes et couvraient une vaste gamme de collage (de quelques points à 50 points collants mesurés par H2SD). Toutes ces balles montraient du collage. Deux balles non collantes d'Asie Centrale ont été ajoutées comme référence. Les essais ont donc été réalisés sur 26 balles (10 égrenées au rouleau).

3.1.2.2. Détermination de la qualité des fibres

Les caractéristiques de fibres sont résumées dans le Tableau 3-1, et les valeurs de collage dans le Tableau 3-2.

Tableau 3-1 : Caractéristiques des fibres pour les balles retenues.

Egrenage	Stat	ML mm	UHML mm	UI %	Strength g/tex	Elong %	IM	MR	PM %	H mtex	Hs Mtex	Rd %	b
R (égrenage rouleau)	Moy.	22.2	26.9	82.6	27.0	4.8	3.6	0.8	69.4	165	213	73.5	11.5
	Max	23.2	27.7	84.4	28.4	5.2	4.0	0.9	76.5	176	230	75.0	12.8
	Min	20.5	25.5	80.4	25.3	4.5	3.2	0.7	63.5	153	201	71.9	9.4
	STD	0.8	0.7	1.2	0.8	0.2	0.3	0.0	4.5	9	8	0.9	1.1
S (égrenage scie)	Moy.	21.8	26.7	81.4	27.3	4.8	3.7	0.8	70.2	168	214	75.3	11.6
	Max	23.2	28.1	82.7	30.7	5.2	4.2	0.8	73.2	188	252	79.6	12.3
	Min	19.9	24.8	80.0	24.7	4.4	3.3	0.7	65.9	150	192	72.6	10.0
	STD	0.8	0.8	0.8	1.4	0.2	0.3	0.0	2.2	13.4	17	2.0	0.7
AC	Moy.	23.9	28.7	83.3	29.6	5.7	4.7	0.9	81.5	198	215	70.8	10.7

Les 24 balles restantes proviennent de diverses variétés cultivées au Soudan pendant la campagne 1996-1997.

Tableau 3-2 : Données de collage des cotons bruts.

Appareil	Echantillon	AC	R	S
SCT	Moy.	0.4	26	26.1
	Max	0.4	52.5	62.8
	Min	0.3	12	7.3
	Std	0.1	13.6	18.2
H2SD	Moy.	0.7	27.1	32.1
	Max	0.8	42.3	61.2
	Min	0.5	9.3	13.1
	Std	0.2	11.8	16.2

Après leur caractérisation, les 25 balles ont été transformées industriellement en filature cardée. La filature était constituée de deux salles avec des conditionnements séparés : la salle de préparation et la salle de filature. Les fibres de coton ont été transformées successivement par les machines suivantes :

- Ouvreuse (LAROCHÉ)
- Nettoyeur (TRÜTZSCHLER RN)
- Mélangeuse (TRÜTZSCHLER RSK)
- Carde (TRÜTZSCHLER DK 715)
- Etirage (RIETER D1/1)
- Banc à broches (RIETER F1/1a)
- Continu à filer (SACM CF-6)
- Machine open-end (SCHLAFHORST SE-9)
- Bobinoir

3.1.2.3. Conditions et procédures opératoires

L'ordre de transformation des balles était randomisé pour éviter tout biais d'interprétation des résultats. Avant de démarrer l'expérimentation, la balle était homogénéisée par recyclage entre l'ouvreuse RN et le nettoyeur LAROCHÉ. Cela a réduit la variabilité naturelle intra-balle et a amélioré la précision des relations observées entre collage et les incidents de filature. Puis, la balle passe en production à une température de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $47.5 \pm 2.5\%$. Ces conditions hygrométriques correspondent à celles généralement recommandées en préparation. Les rubans et les mèches ont ensuite été transformées dans la salle de filature dans des conditions atmosphériques consistaient à une température de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $57.5 \pm 2.5\%$.

Pendant la filature de chaque balle, le nombre de casses, d'enroulements de fibres et d'arrêts pour nettoyage a été enregistré sur chaque machine utilisée. Ces incidents ont ensuite été listés pour chaque

partie de machine ainsi que leur cause. Des observations ont été réalisées pour déduire la nature et l'origine des incidents pour compléter les vérifications et les échantillons.

Les équipements de transformation étaient complètement nettoyés après chaque test pour éviter toute contamination entre les tests successifs.

Les résultats ont été utilisés pour calculer les taux de casses et les rendements des différentes machines. Ces paramètres de productivité ont ensuite été comparés aux résultats de collage fournis par trois méthodes :

- Thermodétecteur SCT pour la mesure du nombre de points collants (*SCT*),
- H2SD pour la mesure du nombre de points collants (*H2SD*), leur taille totale (*Size-H2SD*) et leur catégorie de taille (*Small* = petit, *Medium* = moyen, et *Large* = gros),
- HPLC pour la mesure des différents sucres : Inositol (*I*), Trehalose (*T*), Glucose (*G*), Fructose (*F*), Trehalulose (*W*), Melezitose (*M*) and Sucrose (*S*).

3.1.3. Résultats et Discussion

Il faut noter que deux balles (AS15 et AR17) n'ont pas pu être transformées dans les conditions normales. Les résultats sont donc basés sur 24 balles. Une étude spécifique utilisant ces deux balles a été réalisée à très basse humidité. Les résultats de cette expérience sont décrits au paragraphe 3.2.

3.1.3.1. Choix du meilleur indicateur des problèmes des collage en filature

Nous avons tenté de définir un indicateur de collage basé sur des déterminations quantitatives. Nous avons comparé les trois méthodes principales de mesure du collage (*SCT*, *H2SD*, sucres par *HPLC*) et les avons mis en relation avec les critères de productivité et de qualité. En premier lieu, les résultats de ces trois méthodes sont comparés.

3.1.3.2. Relations entre *SCT*, *H2SD* et résultats *HPLC*

Le Tableau 3-3 donne les résultats et les coefficients de corrélation observés entre les mesures de collage et les mesures de sucres sur les échantillons prélevés au niveau du RSK :

- *H2SD* : nombre de points collants mesurés par *H2SD* ;
- *Small* : nombre de points collants dont la taille, mesurée par *H2SD*, est dans l'intervalle [1.7 ; 9] mm² ;
- *Medium* : nombre de points collants dont la taille mesurée par *H2SD*, est dans l'intervalle [9 ; 18] mm² ;
- *Large* : nombre de points collants dont la taille mesurée par *H2SD*, est supérieure à 18 mm² ;
- *TMH2SD* : taille moyenne des points collants mesurés au *H2SD* ;
- *TTH2SD* : taille totale (somme des tailles des points mesurés au *H2SD*) ;
- *SCT* : nombre de points collants mesurés sur *SCT* ;
- *I* : pourcentage d'inositol (% de la masse de fibre) mesuré par *HPLC* ;
- *T* : pourcentage de trehalose (% de la masse de fibre) mesuré par *HPLC* ;
- *G* : pourcentage de glucose (% de la masse de fibre) mesuré par *HPLC* ;
- *F* : pourcentage de fructose (% de la masse de fibre) mesuré par *HPLC* ;
- *W* : pourcentage de trehalulose (% de la masse de fibre) mesuré par *HPLC* ;
- *S* : pourcentage de saccharose (% de la masse de fibre) mesuré par *HPLC* ;
- *M* : pourcentage de melezitose (% de la masse de fibre) mesuré par *HPLC* ;
- *Stotal* : pourcentage total de sucres *I*, *T*, *G*, *F*, *W*, *S* et *M* (% de la masse de fibre).

Tableau 3-3 : Coefficients de corrélation entre H2SD (échantillons RSK), SCT et résultats HPLC.

Variabes	H2SD	Small	Medium	Large	TMH2SD	TTH2SD	SCT
H2SD	1						
Small	0.991	1					
Medium	0.974	0.961	1				
Large	0.949	0.904	0.910	1			
TMH2SD	0.577	0.503	0.573	0.728	1		
TTH2SD	0.940	0.897	0.910	0.982	0.705	1	
SCT	0.891	0.873	0.836	0.887	0.521	0.892	1
I	NS	NS	NS	NS	0.629	NS	NS
T	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
G	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
F	0.533	0.534	0.519	0.487	0.420	0.517	0.589
W	0.754	0.772	0.721	0.672	NS	0.703	0.818
S	0.862	0.872	0.847	0.768	0.429	0.786	0.835
M	0.659	0.677	0.664	0.564	NS	0.590	0.721
Stotal	0.600	0.597	0.608	0.548	0.445	0.584	0.687

R critique au niveau de risque 5% = 0.4044

NS : non significatif

Nous avons choisi les échantillons prélevés RSK car ils sont plus homogènes et les résultats HPLC sont plus précis.

Les résultats confirment la relation significative entre les mesures H2SD et SCT. Ces relations sont également significatives sur les échantillons bruts, comme illustré par l'équation suivante où l'ordonnée à l'origine n'est pas différente de zéro, et la pente n'est presque pas différente de l'unité.

$$SCT_{Raw} = 0.99 \times H2SD_{Raw} - 3.16$$

Les contenus en sucres, inositol, trehalose et glucose ne sont pas corrélés avec les résultats SCT et H2SD. Le fructose est faiblement corrélé avec le nombre de points collants. D'un autre côté, le melezitose, le trehalulose et principalement le saccharose sont bien corrélés avec les mesures SCT et H2SD. Le pourcentage total de sucres montre une corrélation faible mais significative, avec le SCT et le H2SD.

Les coefficients de corrélation ont montré des tendances comparables entre toutes les méthodes de mesure du collage. Cependant, les inter-connexions entre les différentes variables ont limité la complémentarité entre ces mesures. Ainsi, il sera probablement nécessaire de choisir seulement un seul critère pour la mesure du collage et prédire son effet sur la filature.

3.1.3.3. Quel est le meilleur indicateur actuel ?

Par meilleur indicateur, nous entendons la mesure la mieux corrélée avec les perturbations observées en filature, pour les critères de productivité et pour ceux de qualité.

Les rendements et taux de casses et les critères de qualité ont été comparés aux résultats de détermination du collage sur échantillons prélevés au RSK. Les fibres sont bien mélangées à ce point et les échantillons sont alors représentatifs de la matière brute avec une variabilité faible du collage au sein des fibres. Cela peut être observé dans le Tableau 3-4 où les indices de dispersion (rapport de la variance à la moyenne) sont reportés pour chaque étape de transformation où des échantillons peuvent être prélevés pour une mesure de collage. Le meilleur endroit pour prélever des échantillons pour toutes les mesures de collage est l'ouvreuse-mélangeuse RSK.

Tableau 3-4 : Indice de dispersion pour les valeurs de nombre de points collants mesurés sur SCT et H2SD en fonction de l'étape de transformation.

	SCT	H2SD
Coton brut	3.01	4.40
Ouvreuse Laroche	2.11	2.71
Ouvreuse nettoyeuse RN	2.27	2.13
Ouvreuse mélangeuse RSK	1.75	1.93
Ruban de Carde	2.44	1.20

Les coefficients de corrélation entre mesures de collage et paramètres de productivité sont donnés en Tableau 3-5. Les coefficients de corrélation entre mesures du collage et paramètres de qualité sont donnés en Tableau 3-6.

Les coefficients de corrélation montrent que le nombre de points collants mesurés par SCT, le nombre mesuré par H2SD et les pourcentages de melezitose, de trehalulose et de saccharose sont corrélés avec la plupart des paramètres de productivité en filature. Pour ce qui concerne la taille des points collants, les trois classes (small, medium et large) et la taille totale des points collants (*TTH2SD*) montre une corrélation comparable à celle relevée avec le nombre de points collants mesurés par *H2SD*. D'un autre côté, la moyenne de taille *TMH2SD* est rarement significativement liée avec les paramètres de filature.

Les taux de sucres totaux (Stotal, exprimé en pourcentage de la masse de fibre) étaient distribués pour les cotons utilisés dans cette expérimentation comme illustré en Figure 3-1. Les barres foncées correspondent au coton considéré comme non-collant d'Asie Centrale.

Tous les cotons de ce projet contenaient du Melezitose et du Trehalulose. Cela indique que ces cotons étaient contaminés par au moins des mouches blanches, et sans doute par pucerons et mouches blanches. Seule une balle semblait être contaminée par seulement des pucerons. Ainsi, des conclusions ne peuvent pas être tirées sur le type d'infestation seulement au regard des sucres, sans information de confirmation en provenance du champ. Il faut noter que les sucres physiologiques peuvent disparaître au fil du temps (Hequet, 1999).

Une comparaison du nombre de points collants mesurés par H2SD avec les contenus en melezitose et en trehalulose montrent les avantages des lectures H2SD. En effet, les meilleurs coefficients de corrélation avec les paramètres de productivité et de qualité ont été obtenus avec les comptages H2SD. Les coefficients de corrélation avec le melezitose et le trehalulose étaient rarement plus élevés qu'avec les comptages H2SD, et ces sucres n'étaient pas corrélés avec tous les paramètres pour lesquels une bonne corrélation est notée avec H2SD.

Pour ce qui concerne les perturbations en filature, les résultats HPLC n'apportent pas plus d'explication supplémentaire à celle apportée par les comptages SCT et H2SD. Au vu des délais et du coût des analyses HPLC et SCT, le H2SD semble la méthode la plus appropriée pour mesurer le collage dans cette recherche.

3.1.3.4. Contribution de la taille des points collants dans l'expression du collage en filature

En partant de l'hypothèse qu'un gros point collant ne provoquera pas la même perturbation qu'un petit point, les points collants sont séparés en trois catégories (small, medium et large). Nous avons déjà vu que cette classification des points collants selon leur taille n'apporte pas d'information utile pour expliquer les problèmes de filature. Pour améliorer la qualité des modèles prédictifs, nous avons essayé d'utiliser les tailles individuelles des points collants pour expliquer les problèmes de filature.

Pour conclure, le fait que nous n'ayons pas réussi en utilisant les tailles individuelles des points collants dans la définition du meilleur indicateur ne veut pas dire que cette variable n'a pas d'effet en filature. En fait, en regardant de près le système d'analyse d'image du H2SD, la taille mesurée ne correspond pas toujours à la taille réelle des points sur la feuille d'aluminium. En effet, la mesure est une estimation de la taille apparente à cause de la lumière rasante et des fibres collantes et des sucres qui restent sur l'aluminium. Cela induit une surestimation de la taille des points collants. Ainsi, l'estimation de la taille des petits points collants est biaisée. Certaines recherches sont en cours en dehors de ce projet de manière à ce que les mesures dans le futur soient plus précises, ce qui pourrait modifier les conditions tirées ici.

3.1.4. Conclusions

3.1.4.1. Effet sur la productivité

Les performances des machines de filature sont dépendantes du collage dans la matière première utilisée. Dans cette recherche, les performances des machines diminuaient quand du coton collant était transformé dans des conditions généralement recommandées de 45 à 50% HR pendant l'ouvraison et le cardage et de 55 à 60% HR pendant la filature. Les effets du collage sur les productivités des machines ont été quantifiées. Les résultats de régression ont montré que le nombre de points collants tel que mesuré par H2SD est un paramètre plus fiable que celui déterminé par SCT ou que les taux de sucre mesurés par HPLC. Dans ce cas, bien que les comptages SCT soient bien corrélés avec les paramètres de productivité, les coefficients de corrélation obtenus par H2SD sont encore meilleurs. Pour ce qui concerne les taux de sucres, tous ne sont pas corrélés avec les taux de casse et les rendements des machines. En fait, seuls le trehalulose, le melezitose et le sucrose pourraient être corrélés avec ces deux paramètres, mais pas pour toutes les machines, et dans le cas où une corrélation était détectée, elle n'était généralement pas meilleure que celle obtenue avec le nombre de points comptés par H2SD.

Le seuil de blocage pour la filature de cotons collants dans les conditions hygrométriques données plus haut était d'environ 50 points collants mesurés sur H2SD. La filature est bloquée à la carde quand le nombre de points collants excède cette valeur. En plus, le collage affecte les machines et réduit fortement la productivité bien avant cette limite. Le banc à broches est la machine la plus sensible au collage.

L'humidité relative semble avoir une importance primordiale. Les balles très collantes (50 points collants par H2SD) qui requéraient initialement des arrêts machines ont été transformées plus tard avec succès à 40% d'humidité relative. Cependant, le taux de casses, même sous ces conditions, était très haut et le rendement machine a été très bas. Une étude pour évaluer l'effet du collage à différentes humidités relatives est présentée au paragraphe 3.5. Quelques résultats sont également donnés au paragraphe 3.2.

Tableau 3-5 : Coefficients de corrélation r entre mesures du collage et paramètres de productivité.

Variable	H2SD	Small	Medium	Large	TMH2SD	TTH2SD	SCT	I	T	G	F	W	S	M	Stotal
C-CT100km	0.591	0.578	0.580	0.555	NS	0.532	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C-Efficiency	-0.726	-0.735	-0.705	-0.634	NS	-0.677	-0.657	NS	NS	NS	-0.528	-0.738	-0.721	-0.572	-0.603
E1-CT100km	0.786	0.755	0.789	0.774	0.443	0.835	0.812	NS	NS	NS	0.560	0.662	0.764	0.644	0.643
E1-Efficiency	-0.603	-0.585	-0.631	-0.557	NS	-0.578	-0.608	NS	NS	NS	NS	-0.498	-0.580	-0.464	-0.461
E2-CT100km	0.719	0.703	0.680	0.704	NS	0.771	0.851	NS	NS	NS	0.642	0.774	0.750	0.680	0.735
E2-Efficiency	-0.535	-0.519	-0.497	-0.531	-0.442	-0.567	-0.645	NS	NS	NS	-0.508	-0.394	-0.615	-0.452	-0.564
B-CT100km	0.746	0.771	0.659	0.675	NS	0.712	0.757	NS	NS	NS	0.588	0.782	0.754	0.707	0.652
B-Efficiency	-0.763	-0.791	-0.744	-0.638	-0.475	-0.628	-0.638	NS	NS	NS	-0.556	-0.626	-0.768	-0.627	-0.613
CAF-TC1000BH	0.816	0.832	0.749	0.763	NS	0.728	0.755	NS	NS	NS	0.440	0.697	0.746	0.691	0.505
OE- Efficiency	-0.659	-0.671	-0.660	-0.565	NS	-0.529	-0.674	NS	NS	NS	NS	-0.645	-0.585	-0.512	-0.420
OE-Y-P240BH	0.654	0.678	0.689	0.532	NS	0.487	0.476	NS	NS	NS	NS	0.572	0.526	0.463	NS
OE-LR240BH	0.737	0.760	0.711	0.638	NS	0.564	0.710	NS	NS	NS	NS	0.607	0.615	0.612	NS

Risque α r critique

0.1% 0.6402

1% 0.5256

5% 0.4132

SCT : nombre de points collants SCT

H2SD : nombre de points collants H2SD

Small : nombre de points collants dont la taille est incluse entre 1.7 et 9 mm²

Medium : nombre de points collants dont la taille est incluse entre 9 et 18 mm²

Large : nombre de points collants dont la taille est supérieure à 18 mm²

TMH2SD : taille moyenne des points collants H2SD

TTH2SD : taille totale des points collants H2SD

I : inositol

T : trehalose

G : glucose

F : fructose

W : trehalulose

S : saccharose or sucrose

M : melezitose

Stotal : pourcentage de sucres totaux

C-CT100km : nombre total de casses pour 100 km de ruban de carde

C- Efficiency : rendement à la carde

E1-CT100km : nombre total de casses par 100 km de ruban d'étirage (1^o passage)

E1- Efficiency : rendement de l'étirage (1^o passage)

E2-CT100km : nombre total de casses pour 100 km de ruban d'étirage (2^o passage)

E2- Efficiency : rendement de l'étirage (2^o passage)

B-CT100km : nombre total de casses pour 100 km au banc à broches

B- Efficiency : rendement du banc à broches

CAF-TC1000BH : taux de casses au 1000 broches / heure au continu à filer classique

OE- Efficiency : rendement de la machine Open-end

OE-Y-P240BH : nombre de rattaches par heure sur une machine OE à 240 positions

OE-LR240BH : nombre d'interventions par heure pour 240 positions open end.

Tableau 3-6 : Coefficients de corrélation r entre mesures de collage et critères de qualité.

Variable	H2SD	Small	Medium	Large	TMH2SD	TTH2SD	SCT	I	T	G	F	W	S	M	Stotal
C-CV%	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
E1-CV%	NS	0.420	0.389	0.316	NS	NS	NS	NS	NS	-0.522	NS	NS	NS	NS	NS
E2-CV%	NS	0.144	0.037	0.113	NS	NS	NS	NS	NS	-0.481	NS	NS	NS	NS	NS
B-CV%	0.466	0.469	0.410	0.444	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.506	NS	NS
CAF-UT3-CV%	0.801	0.797	0.776	0.763	0.586	0.748	0.757	NS	NS	NS	NS	0.542	0.779	0.508	NS
CAF-UT3-50%	0.628	0.615	0.625	0.621	0.607	0.597	0.536	NS	NS	NS	NS	NS	0.535	NS	NS
CAF-UT3+50%	0.819	0.815	0.791	0.776	0.523	0.776	0.831	NS	NS	NS	0.504	0.615	0.875	0.680	0.561
CAF-UT3-Neps	0.843	0.861	0.826	0.755	NS	0.757	0.841	NS	NS	NS	0.422	0.730	0.874	0.752	0.512
CAF-Hairiness	0.520	0.537	0.487	0.487	0.515	NS	NS	NS	-0.457	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CAF-Elongation	NS	-0.326	-0.260	-0.313	NS	NS	NS	NS	NS	0.413	NS	NS	NS	NS	NS
CAF-Strength	-0.570	-0.560	-0.540	-0.594	-0.619	-0.566	-0.486	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CAF-work	-0.462	-0.464	-0.409	-0.469	-0.510	-0.444	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
OE-UT3-CV%	-0.725	-0.733	-0.728	-0.649	-0.547	-0.623	-0.528	-0.522	0.513	NS	-0.502	-0.592	-0.717	-0.474	-0.534
OE-UT3-50%	-0.794	-0.815	-0.738	-0.706	-0.454	-0.652	-0.623	-0.420	NS	NS	-0.460	-0.595	-0.769	-0.502	-0.462
OE-UT3+50%	-0.710	-0.719	-0.706	-0.633	-0.645	-0.577	-0.542	-0.740	0.651	NS	-0.589	-0.524	-0.660	-0.484	-0.611
OE-UT3-Neps	-0.612	-0.609	-0.601	-0.568	-0.654	-0.518	-0.488	-0.778	0.583	NS	-0.641	-0.423	-0.576	-0.444	-0.630
OE-Hairiness	0.477	0.493	0.467	0.432	0.590	0.425	NS	0.554	-0.563	NS	0.439	NS	0.469	NS	0.415
OE-Elongation	NS	-0.185	-0.189	-0.172	NS	NS	NS	NS	NS	0.428	NS	NS	NS	NS	NS
OE-Strength	-0.549	-0.541	-0.603	-0.514	-0.548	-0.522	-0.443	NS	NS	NS	NS	NS	-0.483	NS	NS
OE-Work	-0.472	-0.464	-0.495	-0.455	-0.478	-0.465	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0.474	NS	NS

C-CV% : CV% masse du ruban de carde

E1-CV% : CV% masse du ruban de 1° passage d'étirage

E2-CV% : CV% masse du ruban de 2° passage d'étirage

B-CV% : CV% masse des mèches de banc à broches

CAF-UT3-CV% : CV% masse des fils classiques

CAF-UT3-50% : Nombre de points fins sur fils classiques

CAF-UT3+50% : Nombre de points gros / km sur fils classiques

CAF-UT3-Neps : Nombre de neps / km de fil classique

CAF-Hairiness : Pilosité des fils classiques

CAF-Elongation : Allongement % des fils classiques

CAF-Strength : Résistance (cN/tex) des fils classiques

CAF-Work : Travail à la rupture (N.cm) des fils classiques

OE-UT3-CV% : CV% masse des fils OE

OE-UT3-50% : Nombre de points fins des fils OE

OE-UT3+50% : Nombre de points gros pour les fils OE

OE-UT3-Neps : Nombre de neps pour les fils OE

OE-Hairiness : Pilosité des fils OE

OE-Elongation : Allongement (%) des fils OE

OE-Strength : Résistance (cN/tex) des fils OE

OE-Work : Travail à la rupture (N.cm) des fils OE

3.1.4.2. Effet sur la qualité

Cette étude sur la filature cardée de cotons collants montre que le collage a des effets à la fois sur la productivité et sur la qualité des filatures industrielles dans des conditions de température et d'humidité relative recommandées. Dans notre cas, le coton a été préparé et cardé à 25 °C et 47.5% HR et filé à 25 °C et 57.5% HR. Ces conditions ont été maintenues dans un intervalle de ± 2 °C et $\pm 2.5\%$ d'humidité relative tout au long de cette étude.

Alors que la productivité de la carde et du banc d'étirage était réduite par le collage, le collage n'a pas eu d'effet sur la qualité des rubans. Ce n'est qu'à partir du banc à broches que le collage a induit des baisses de régularité. Le CV% masse des mèches était légèrement supérieur, ce qui a induit une baisse de la régularité du fil sur le continu à filer.

Pour ce qui concerne la filature, la qualité des fils classiques a été plus sensible au collage que les fils OE. L'enregistrement de la régularité, des imperfections et des propriétés dynamométriques a clairement montré la différence entre les deux procédés de filature où les CV% masse, les nombres de points fins, de points gros et de neps dans les fils classiques augmentaient significativement avec le nombre de points collants mesurés par H2SD. Les propriétés dynamométriques des fils classiques, et particulièrement leur résistance et leur travail à la rupture, décroissaient quand le collage augmentait. Au contraire, la plupart des caractéristiques qualitatives des fils OE n'étaient pas affectées par le collage. Ainsi, le CV% masse, le nombre de finesses, de grosseurs et de neps ne sont pas liés au collage. Seules la ténacité et la pilosité des fils OE ont été affectées par le collage où on note une diminution de la ténacité et une petite augmentation en pilosité. La même différence entre les deux types de filature a également été observée pour le nombre de défauts CLASSIMAT®.

Il a été reconnu que l'humidité relative joue un rôle important dans l'effet du collage sur la productivité. Au contraire, son impact sur l'effet du collage sur la qualité des fils n'a pas encore complètement été évalué. Une étude pour évaluer les effets du collage à différentes humidités relatives est présentée au paragraphe 3.5. Cependant, quelques résultats sont également présentés au paragraphe 3.2. La plupart de ces conclusions sont représentées dans les Figure 3-2 à Figure 3-12

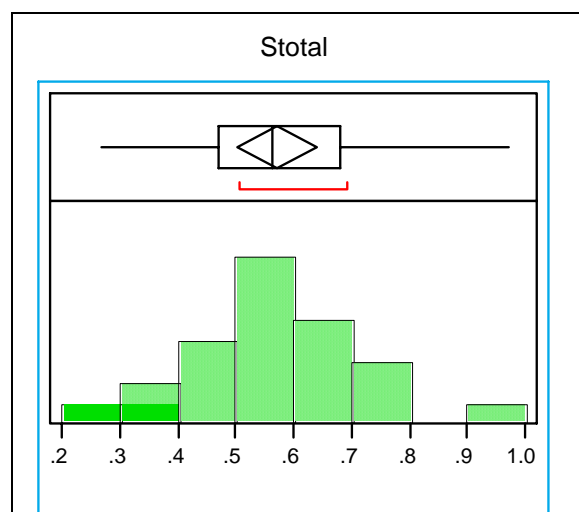


Figure 3-1 : Distribution des sucres totaux (%poids/poids échantillon) pour tous les cotons.

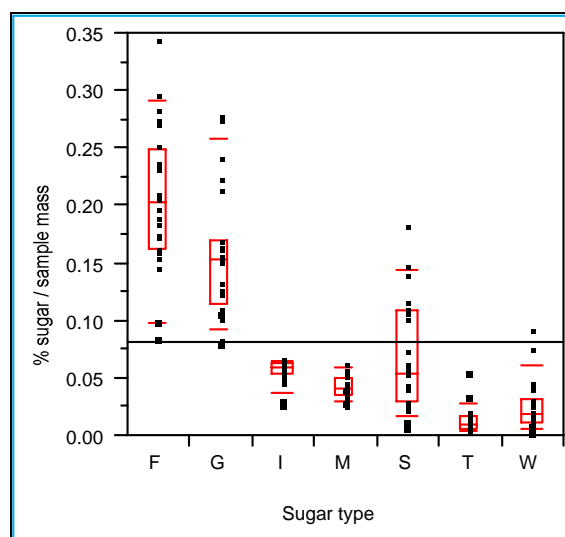


Figure 3-2 : Répartition des types de sucre (%poids/poids).

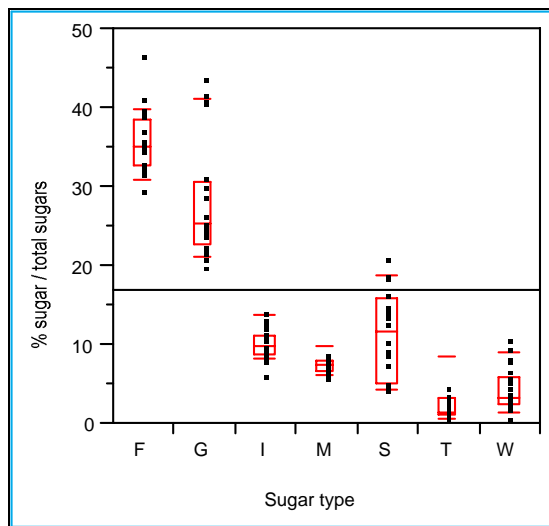


Figure 3-3 : Répartition des sucres en pourcentage des sucres totaux, sans les cotons d'Asie Centrale.

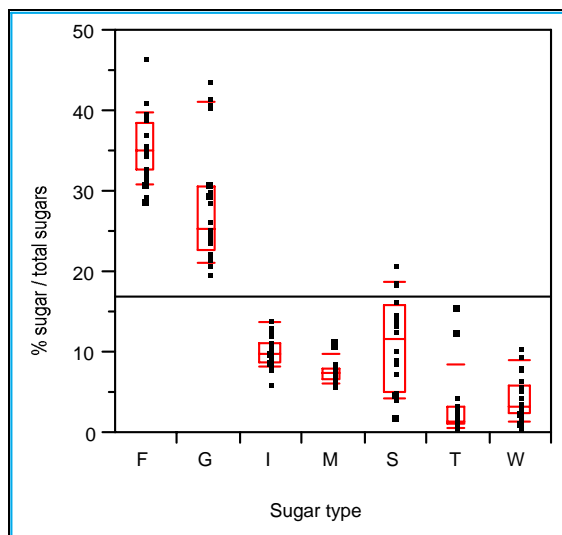


Figure 3-4 : Répartition des sucres en pourcentage des sucres totaux, avec les cotons d'Asie Centrale.

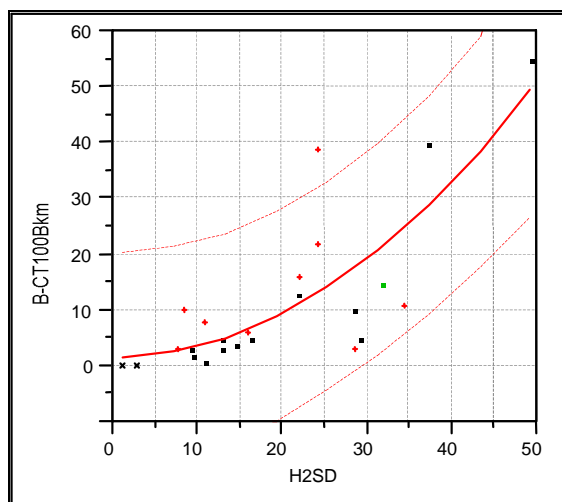


Figure 3-5 : Nombre total de casses par 100 km de mèche de banc à broches vs H2SD.

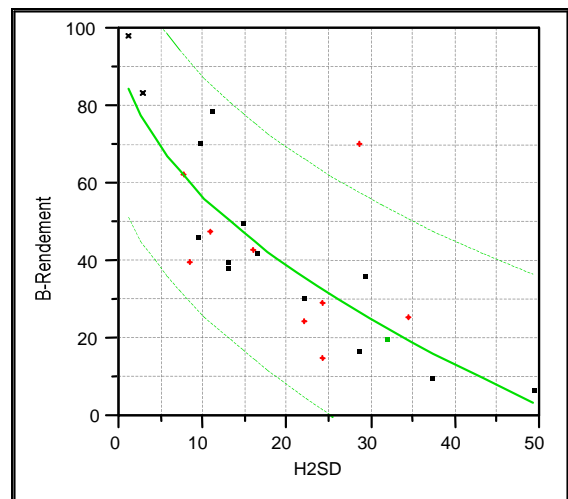


Figure 3-6 : Rendement au banc à broches vs H2SD.

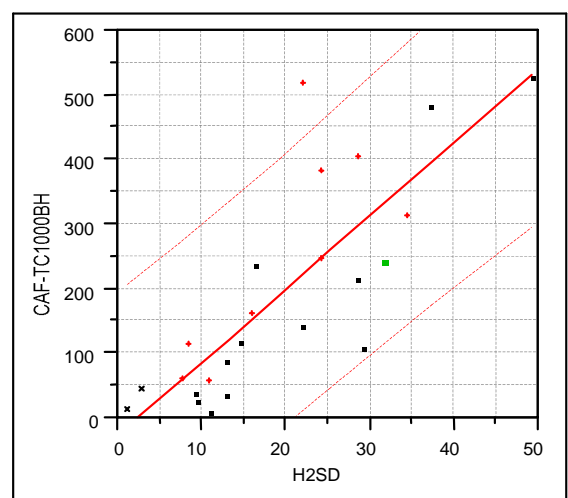


Figure 3-7 : Taux de casses au continu à filer par 1000 broches/heure vs H2SD.

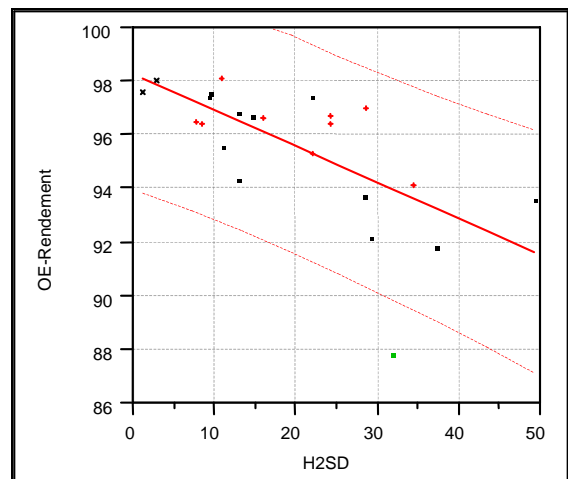


Figure 3-8 : Rendement de la machine Open-end vs H2SD.

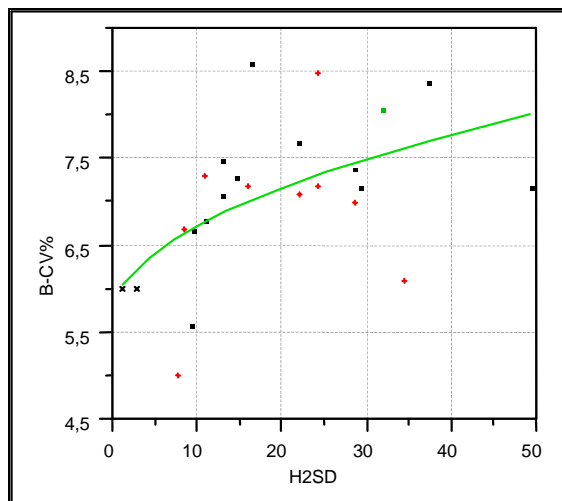


Figure 3-9 : CV% mass moyen des mèches de banc à broches vs H2SD.

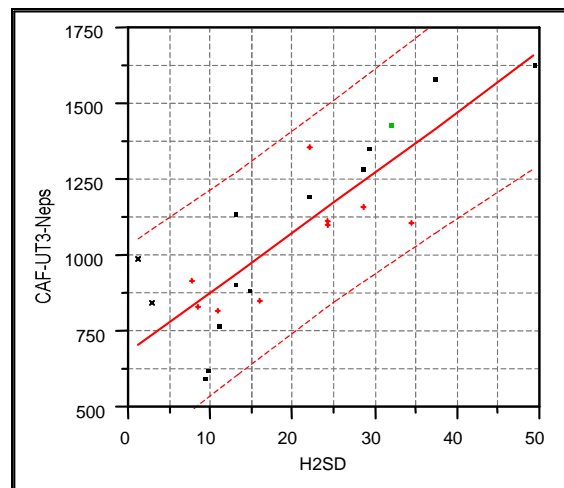


Figure 3-12 : Nombre de neps par km de fil classique vs H2SD.

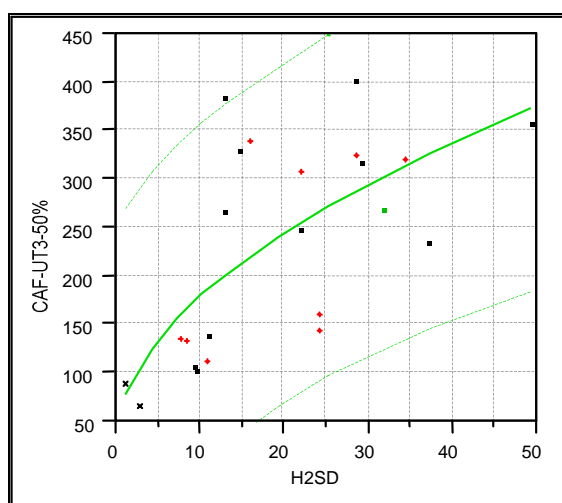


Figure 3-10 : Nombre de points minces (50%) par km de fil classique vs H2SD.

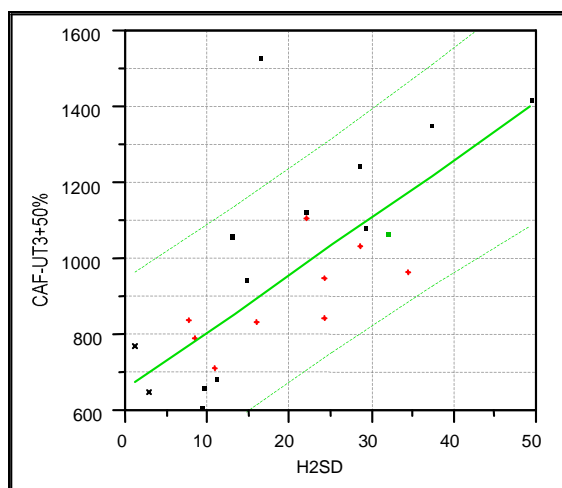


Figure 3-11 : Nombre de points gros (+ 50%) par km de fil classique vs H2SD.

3.2. Expérimentation spécifique à faible humidité relative à ITF

Pour tenter de transformer des balles avec un fort collage, elles ont été transformées grâce au même atelier industriel et dans les mêmes réglages que précédemment, excepté l'humidité relative qui a été réglée comme suit : RH, $38.5 \pm 2.5\%$.

Les résultats montrent que diminuer l'humidité relative permet la transformation des cotons collants. A chaque étape, de la carde jusqu'au continu à filer, des effets à faible humidité sont observés sur le nombre de casses, sur la productivité de l'atelier et sur la qualité des fils.

Ces résultats sont concluants mais nécessitent une confirmation sur une gamme étendue de coton sous différentes humidités relatives (voir paragraphe 3.5).

3.3. Effet du collage en cycle peigné

3.3.1. Objectif

Cette expérimentation avait pour but l'évaluation des effets du collage sous certaines conditions de production utilisées pour la fabrication de fils fins par cycle peigné.

3.3.2. Matériels et méthodes

La variété Barakat utilisée dans cette expérimentation n'a pas montré de gamme de collage. Ainsi, seules quelques balles avaient plus de 10 points collants SCT (sur matière brute). En conséquence, l'effet du collage ne peut pas être évalué de manière quantitative.

L'expérimentation a donc été conduite sur seulement cinq balles (paramètres de qualité donnés en Tableau 3-7) pour obtenir une étude descriptive de l'effet du collage.

Tableau 3-7 : Paramètres de qualité des cotons Barakat.

Balle	Egrenage*	ML Mm	UHML Mm	UI%	Strength g/tex	Elong. %	IM	MR	PM %	H mtex	HS mtex	Rd %	+B
BR12	R	28.3	33.8	83.8	36.1	6.3	3.5	0.83	73.8	150	181	68.0	12.7
BR07	R	28.4	33.6	84.5	35.7	6.2	3.6	0.84	75.0	154	183	70.7	12.3
BR16	R	28.9	34.2	84.6	37.0	6.5	3.4	0.83	73.5	147	178	69.0	12.6
BR03	R	29.6	34.8	85.1	38.6	6.8	3.7	0.85	75.5	158	186	67.9	13.1
BR14	R	27.5	33.1	83.1	34.7	6.0	3.2	0.78	69.4	141	181	68.8	13.0

3.3.2.1. Etapes dans l'expérimentation

Les mêmes opérations que dans le cycle cardé ont été conservées depuis la grosse préparation jusqu'à la carde (Figure 3-13).

Après ces opérations de nettoyage, la matière a été transformée en ruban de carde DK 715. Ces rubans ont été étirés sur le banc D1/1. Les pots de rubans ont été transférés pour l'opération de peignage vers la filature 'Caulliez Frères'.

Les rubans ont subi une opération de préparation au peignage sur un étirage gauche à trois têtes. Les nappes obtenues ont ensuite alimenté une peigneuse E7/5.

Après cette opération, les rubans ont été étirés sur banc D1/1 auto-régulé pour une deuxième passage, avant d'être transformées en mèches sur banc à broches F1/1a. La matière a ensuite été transformée en fil 16.7 tex sur un continu à filer à 100 positions.

3.3.2.2. Conditions hygrométriques

Cette expérimentation a été réalisée dans trois ateliers différents. Les opérations de préparation jusqu'au cardage ont été réalisées à ITF (mêmes conditions que pour le cycle cardé), puis le peignage a été réalisé dans la filature 'Caulliez frères' (conditions hygrométriques identiques à celles utilisées dans cette société), et la filature a été réalisée à ITF. Pour résumer :

Préparation et cardage : 45 à 50% d'humidité relative et 23 à 27 °C

Peignage : 40 à 45% d'humidité relative et 26 à 30 °C

Filature : 55 à 60% d'humidité relative et 23 à 27 °C.

3.3.2.3. Echantillonnage, enregistrement des perturbations et analyses

Les mêmes procédures que lors du cycle cardé ont été utilisées pour la préparation et le cardage. Pendant le peignage, des échantillons ont été prélevés dans les nappes sur l'étireuse à surface gauche, dans les rubans et dans les blousses sur la peigneuse. Les mêmes opérations qu'en cycle cardé ont été suivies pour la filature.

Toutes les casses, incidents, et nettoyages ont été enregistrés de la même manière qu'en cycle cardé pour les machines correspondantes, et des nouvelles feuilles de relevés ont été créées pour l'étape de peignage pour prendre en compte ses spécificités matérielles.

Tous les échantillons collectés ont été analysés de la même manière que dans l'étude en cycle cardé, nous y avons juste ajouté les échantillons dans les opérations de peignage pour des analyses SCT et H2SD pour mesurer le collage.

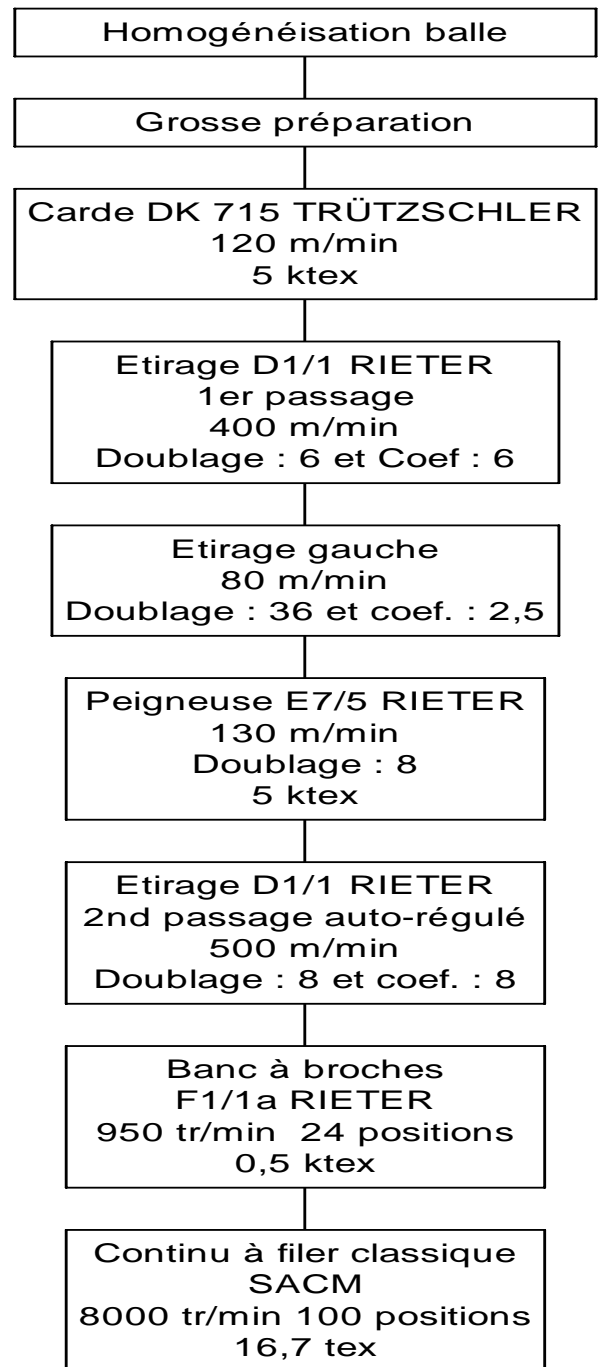


Figure 3-13 : Opérations dans le cycle peigné.

3.3.3. Résultats et discussion

3.3.3.1. Evolution du collage au cours de la transformation

De la même manière que dans le cycle cardé, le nombre de points collants es resté constant de la balle jusqu'au ruban de peigneuse. A ce point, le nombre de points collants a diminué car le peigne retire quelques points qui sont transférés dans les blousses.

3.3.3.2. Au niveau de la carde

Un effet modéré est noté pendant le cardage de coton Barakat au niveau de la carde. Ces résultats sont comparables à ceux observés dans le cycle cardé pour des cotons de niveau de collage comparable. Cela pourrait être différent pour des cotons plus collants.

3.3.3.3. Premier passage d'étirage

Le taux de casses était de même niveau que dans le cycle cardé pour des balles de collage comparable. D'un autre côté, les rendements sont considérablement plus faible que ceux notés en cycle cardé. Cela est dû au grand nombre d'arrêts pendant l'alimentation. En effet, un doublage de 36 à l'étirage à surface gauche requiert un plus grand nombre de pots en comparaison au cycle cardé. Ainsi, les rendements sont plus affectés par les temps d'alimentation que par le collage lui-même pour permettre l'alimentation de la machine suivante.

3.3.3.4. Etirage à surface gauche

Excepté pour la balle à faible collage, toutes les balles ont subi un fort taux de casses dans la zone d'étirage, souvent accompagnée par des enroulements sur les cylindres. Cela explique la baisse relative de rendement en comparaison à la balle BR14 (80%).

Cette opération semble très sensible au collage qui décroît le rendement même si le collage des fibres est faible.

3.3.3.5. Peigneuse

Le nombre de casses est plus élevé au peignage que partout ailleurs. Les fibres sont presque traitées une à une à cette étape de transformation. Cela implique un contact maximum entre les fibres et les parties métalliques de la machine (principalement le peigne). Cela induit des faibles valeurs de rendement pour les balles les plus difficiles (73% de rendement jusqu'à environ 40%).

3.3.3.6. Etirage deuxième passage

Excepté pour une balle qui a montré un grand nombre de casses au niveau de l'empotage non lié au collage, les taux de casses étaient au même niveau qu'en cycle cardé pour les mêmes niveaux de collage.

3.3.3.7. Banc à broches

Le banc à broches ne semble pas affecté par le collage,. En effet, les nombres de casses et les rendements étaient comparable à ceux observés en cycle cardé pour les cotons non-collants.

3.3.3.8. Continu à filer

Les taux de casses étaient aux mêmes niveaux que pour le cycle cardé à des niveaux de collage équivalents. Ces niveaux sont acceptables et souvent rencontrés en filature industrielle. Il est important

de noter que, vu que la gamme de collage des cotons choisis était assez réduite, la vraie mesure des effets du collage ne peut pas être évaluée pendant les opérations de filature.

3.3.4. Conclusion sur le cycle peigné

Les bas niveaux de collage ne perturbent pas substantiellement les machines utilisées dans le cycle cardé (cardé, étirages, banc à broches et continu à filer), mais deviennent difficiles à transformer au niveau de l'étirage à surface gauche et de la peigneuse, ces machines étant utilisées dans des conditions relativement basses en humidité relative.

La gamme de collage des balles étudiées n'est pas assez large pour définir précisément les relations entre le collage et les paramètres de qualité et de productivité dans le cycle peigné. Cependant, quelques points de collage feront la différence dans les opérations de peignage.

Quelques informations ont déjà été discutées concernant l'influence de la taille des points collants.

3.4. Propriétés des mesures H2SD : proportionnalité entre pourcentage de coton collant et les résultats H2SD, dérive par rapport au temps et indépendance entre mesures successives

3.4.1. Objectif

Le nombre de points collants tel que mesuré par H2SD est une mesure de densité de points collants au sein d'un échantillon. Le principe de thermodétection requiert et émet l'hypothèse d'un nettoyage suffisant des garniture de l'ouvreur entre chaque échantillon et son suivant, sans quoi une contamination pourrait être suspecté : les fibres collantes restantes pourraient contaminer l'échantillon suivant et augmenter son comptage : les mesures ne seraient alors plus indépendantes.

En outre, quelques points collants voisins peuvent être groupés par le système d'analyse d'image et pourraient apparaître comme un seul point. Ce problème a plus de chance d'apparaître quand la densité en points collants augmente, et un effet de saturation pourrait survenir avec des cotons fortement contaminés. Il a paru important de vérifier si cette saturation pouvait avoir une importance pratique. Si cela est négligeable, le nombre de points collants comptés par le H2SD est proportionnel à leur densité dans l'échantillon.

Ainsi, un mélange dans les proportions a et b ($a + b = 1$) de cotons de potentiels de collage X et Y (lectures H2SD) devrait donner un mélange de coton avec un niveau de collage de $aX + bY$: la mesure est linéaire.

Puis, comme la thermodétection est basée sur une combinaison de température et d'humidité, il est important de déterminer la stabilité des mesures sur le temps dans les conditions normales d'un laboratoire. Nous avons tenté de vérifier ces trois propriétés : indépendance, absence de biais et linéarité sur un jeu complet d'échantillons de niveaux de collage très variés.

3.4.2. Conclusion

La sur-dispersion observée dans cette expérience semble être en contradiction avec la loi binomiale négative observée avec H2SD (Tamime et al, 1999). En effet, dans le cas d'une loi binomiale négative, la sur-dispersion n'est pas constante mais elle augmente avec la moyenne. Cependant, la distribution binomiale négative a été observée dans les différentes couches d'une balle (227 kg), alors que les distributions les moins dispersées sont observées au sein d'échantillon de 1 kg, extrêmement bien mélangés par l'ouvreuse de laboratoire CIRAD.

L'existence d'un léger biais nécessite le contrôle périodique ou l'étalonnage du H2SD par l'utilisation d'échantillons de référence de collage connus. La qualité de mélange de ces cotons de référence est essentielle pour obtenir des cotons de référence homogènes.

La mesure n'est pas sujette à saturation jusqu'à 40 points collants. Si le but est de classifier le collage en deux classes (collant ou non), le seuil serait de toute façon plus bas que 40 points collants, et il n'y a pas utilité d'envisager des solutions correctives.

Au contraire, si le niveau de collage de cotons fortement contaminés doit être évalué, une expérimentation supplémentaire sera nécessaire avec une gamme large de cotons fortement collants pour définir la non-linéarité observée.

Pour résumer, le collage d'un mélange binaire peut être calculé comme une fonction des données H2SD à partir des données des cotons et de leur pourcentage dans le mélange. Il faudrait évaluer l'effet du collage de ce mélange en filature et sur la qualité et comparer les conclusions à ce qui est observé dans un contexte industriel.

En conclusion, ces résultats confirment que le mélange de cotons de niveaux de collage différents est une solution appropriée pour diminuer le niveau de collage du mélange, et cela devrait réduire les perturbations lors de la filature.

3.5. Effets de l'humidité relative sur la filature et la qualité

3.5.1. Objectif

Il est possible, grâce à la mesure du collage de cotons bruts, de prévoir les perturbations qui peuvent se produire pendant la filature. Cette expérimentation doit répondre à la question : quel est l'effet de l'humidité relative sur la filature et la qualité du fil ?

3.5.2. Matériels et méthodes

Sept cotons ont été sélectionnés parmi les 24 cotons filés à l'IFTH de l'expérience industrielle pour représenter une gamme large de collage. Ces cotons proviennent de la mélangeuse Laroche. Un test de filature a été réalisé sur chaque coton aux deux types de filature – open-end (OE) et filature conventionnelle dans trois conditions d'humidité relative (40, 45, 55%).

Pour la filature industrielle des cotons, la procédure est comme suit : première ouvraison et mélange du coton, puis cardage, condensation du voile en ruban, étirage, banc à broches et filature. Pour la micro-filature, la procédure précédente a été adaptée en fonction de la masse de fibres à filer (Frydrych and Dréan, 2000).

L'organisation de cette expérimentation est donnée en Figure 3-14 et discutée ci-après.

Le CIRAD utilise une micro-filature Platt qui comprend une mini-carde, un banc d'étirage et un continu à filer à huit broches avec double étirage, ainsi qu'une machine OE Suessen à 6 positions.

La randomisation a prévu de travailler à 45% d'humidité en premier, puis à 55%, et finalement à 40% RH. Au sein de chaque expérimentation d'humidité relative, l'ordre de filature des sept cotons était tiré au hasard.

Après une homogénéisation des échantillons, le niveau de collage des échantillons a été évalué pendant le cardage selon quatre grades. Le temps d'évaluation courait jusqu'à l'enroulement tout en enregistrant ce temps. Puis, dans le cas de cotons collants, après trois enroulements, le coton était considéré comme très collant, et le cylindre supérieur de la cardé était retiré de manière à continuer le cardage sur le reste de l'échantillon.

A l'étirage, tous les incidents et interventions concernant des enroulements étaient enregistrés.

Pour la filature conventionnelle, les observations pendant la filature, et principalement sur les cylindres arrières du continu étaient :

- perturbation de filature ou casse (induite ou non par collage) ;
- présence ou absence de points collants déposés sur l'étirage arrière (dans quelques cas, nous avons constaté des dépôts sur les cylindres avant) qui causait des enroulements de fibres ;
- les interventions ou nettoyage pour éviter que la filature soit interrompue.

Pour la filature open-end, les observations sont :

- nombre d'arrêts de filature ou casses de fil (induits ou non par collage) ;
- nombre de nettoyages de turbine.

Le régularimètre UT3 et le Tensorapid ont été utilisés pour mesurer les critères de qualité des fils produits. Une analyse détaillée des neps a été réalisée sur les fils open-end et conventionnels pour apporter plus d'information sur les types de neps présents dans les fils.

3.5.3. Résultats et discussion

3.5.3.1. Effet sur la filature

Au niveau de la cardé, un effet significatif du collage a été détecté sur les enroulements à 45% HR, alors qu'aucune tendance n'était notée à 55% car il est apparu des problèmes immédiats de collage pour tous les niveaux de collage de coton. Aucun des cotons n'a causé de casses à 40%RH. Un effet de saturation était noté dans le nombre d'enroulements à 55%RH car la procédure opératoire employée ne prévoyait pas d'enregistrement après le troisième enroulement. Il faut noter que ces résultats prennent en compte le phénomène d'accumulation de collage qui peut se produire pour un jeu complet de 10 nappes sauf quand plus de trois enroulements sont enregistrés. Pour les temps avant enroulement, les

plus hautes valeurs d'humidité relative (45 et 55%) ont eu un effet significatif, comme illustré en figure C-67. Les enroulements à 40% ne se sont produits qu'après un temps très long.

A l'étirage, une relation significative a été notée entre le nombre d'enroulements et le collage à 55%RH.

En filature open-end, une tendance a été notée entre le taux de casse et le collage aux plus hautes valeurs d'humidité, alors qu'aucune relation n'existe avec le nombre de nettoyages.

En filature classique, à 40%, aucun nettoyage n'a pratiquement été nécessaire pour permettre la production, quel que soit le niveau de collage des cotons bruts. A 45 et 55%, le nettoyage était nécessaire pour permettre la production.

3.5.3.2. Effet sur la qualité du fil

Qualité des fils conventionnels

Comme mentionné dans plusieurs publications, la qualité du fil est dépendante de la qualité des fibres. Dans cette étude, le collage a eu différents effets sur la qualité des fils en fonction de l'humidité relative dans la salle de filature. Cependant, puisque les cotons utilisés étaient de qualités comparables, la plupart des effets observés seront imputés au collage. Néanmoins, une attention particulière devra être portée en fonction des résultats et des vérifications seront nécessaires pour voir si l'effet constaté est dû au collage ou à la qualité des fibres.

L'humidité relative a eu un effet critique sur la plupart des paramètres de qualité des fils, et en particulier dans le nombre d'irrégularités comptées par le régularimètre.

Une augmentation significative du nombre de points fins existe pour les fils conventionnels utilisant des cotons faiblement collants. Pour toutes les humidités, le nombre de finesses montre une tendance comparable jusqu'à saturation quand le collage excède 20 points. Cependant, il a été montré que les finesses sont notées aux basses humidités en comparaison aux autres conditions.

Seule une relation significative existe entre le nombre de points gros et l'humidité et le collage. La seule relation significative est notée à 55% RH entre le nombre de points collants et le nombre de grosseurs.

Un effet significatif de l'humidité et du collage est noté sur le nombre de neps (200%) dans le fil. Cependant, une interaction significative a induit une sensibilité plus grande au collage à fortes humidités. Il a également été observé que le nombre de neps était plus grand quand des cotons peu collants étaient filés à 40% en comparaison aux résultats du même coton filé à 45 et 55% RH.

Une relation significative était notée entre la résistance du fil et le collage à 40%, même si des tendances comparables sont notées à d'autres humidités. Cette tendance peut être expliquée par le fait que le collage induit des irrégularités qui créent des points de moindre résistance dans le fil (de la même manière que les débris de coque, Krifa, 2001). Cela peut être prouvé par le comptage des débris de coque présent dans les nappes de carde, où les deux comptages (sur fils et sur nappes de carde) suivent la même tendance.

Nos interventions ont été faites pour permettre la filature des cotons, mais elles ont indirectement amélioré la qualité des fils. Ainsi, les résultats de qualité du fil de cette expérimentation n'étaient pas seulement dépendants de l'humidité relative et du collage des fibres : le nombre de nettoyages et interventions a également été pris en compte dans notre analyse. Cette hypothèse peut être prouvée en regardant les relations qui existent entre les principaux critères (comme les nombres de finesses, de grosseurs et la résistance du fil) et le collage : quand peu d'interventions sont nécessaires pour filer (cotons non collants), on observe des relations significatives entre les critères de qualité de fil et le collage ; dès que le nombre d'interventions augmente, les relations entre les critères de qualité de fil et le collage deviennent non significatives et un phénomène de saturation apparaît.

Qualité des fils Open End

Une relation significative était notée à 55% pour les fils OE : une relation significative existait entre le nombre de points gros et le collage à 55%, alors qu'aucune autre relation n'existait pour les autres conditions.

Une relation significative existait entre le nombre de neps et le collage à 55%RH seulement. L'analyse détaillée des neps présents dans le fil ont apporté plus d'information sur le type de neps dont l'effectif

a augmenté. Les neps fibre et les neps collage ont contribué à l'augmentation du nombre total de neps présent dans le fil OE. Il doit être noté que le nombre de neps a également augmenté avec le collage à 40% mais dans des proportions moindres.

Le collage a induit une augmentation du nombre d'irrégularités pour les fils OE et conventionnel, causant un nombre croissant de points de moindre résistance, réduisant ainsi la résistance du fil.

3.5.4. Conclusion

Comme montré dans l'expérimentation industrielle, le collage affecte à la fois les paramètres de productivité et de qualité. Ainsi, le collage a augmenté le nombre de nettoyages et d'interventions pendant la filature.

Les résultats collectés pendant cette expérimentation apporte également de nouvelles informations sur l'effet des conditions ambiantes lors de la production de fils. Le collage augmente le nombre d'interventions humaines, spécialement quand le filage est réalisé dans des conditions de fortes humidités. Pendant l'expérience, nos interventions étaient destinés à permettre la production de fils, et ont donc affecté quelques paramètres qualitatifs des fils. Des tendances sont cependant notées pour la plupart des paramètres en fonction du collage. Les pentes de ces relations sont clairement affectées par les conditions ambiantes pendant la filature.

En conclusion, la filature à basses humidités permettront d'éviter la plupart des problèmes induits par le collage, même si quelques critères de qualité de fil sont affectés dans ces conditions.

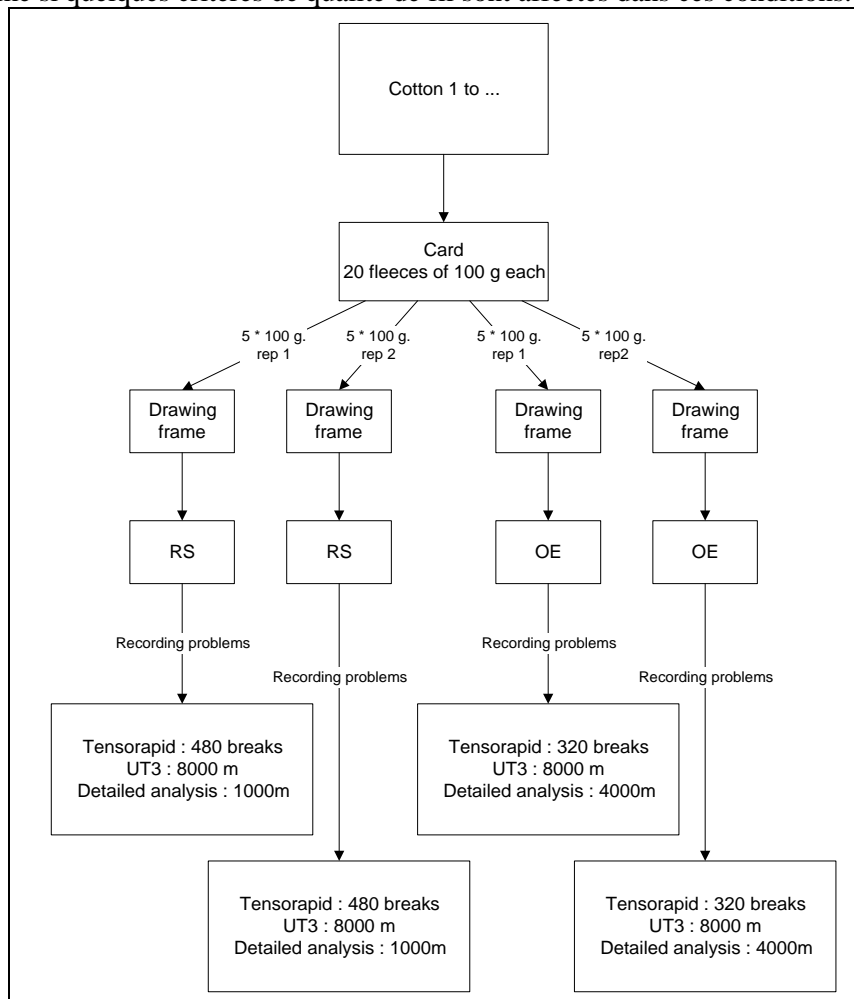


Figure 3-14 : Organisation des tests, du coton brut jusqu'aux tests sur fils.

3.6. Conclusion générale pour la composante B

La composante B était prévue pour évaluer l'impact du collage sur la productivité et la qualité en filature. Le but était de mettre en évidence une limite de collage en-dessous duquel seuls de problèmes de gestion apparaîtraient pendant la filature, alors qu'au-dessus de ce seuil les filateurs rencontreraient des problèmes réels qui conduisent à des pertes financières. L'intention était d'utiliser cette limite de collage en filature comme un seuil d'évaluation pour fixer des règles de transaction des cotons. Le résultat de la composante A est : les producteurs de coton étant capable de fixer leurs propres risques de litige en déduction de la variabilité intra et inter balle des lots de coton, il aurait été possible de fixer le seuil à la classification à respecter dans les laboratoires de classement.

De la composante A, nous avons vu qu'il est difficile de trouver une loi statistique pour expliquer les données observées pour toute la production soudanaise.

Un test en filature industrielle a confirmé que le collage induit des perturbations pendant la filature et conduit à la fois à des pertes de productivité et de qualité. En général, cela était déjà connu. Cependant, nous espérons montrer une zone plateau, même si un faible collage existait pour les fibres, où aucune perturbation ne serait présente significativement. Cela est illustré en Figure 3-15. Puis, au-delà de cette limite qui pourrait servir de seuil à l'évaluation, des problèmes croissants pourraient survenir dès que le collage augmente.

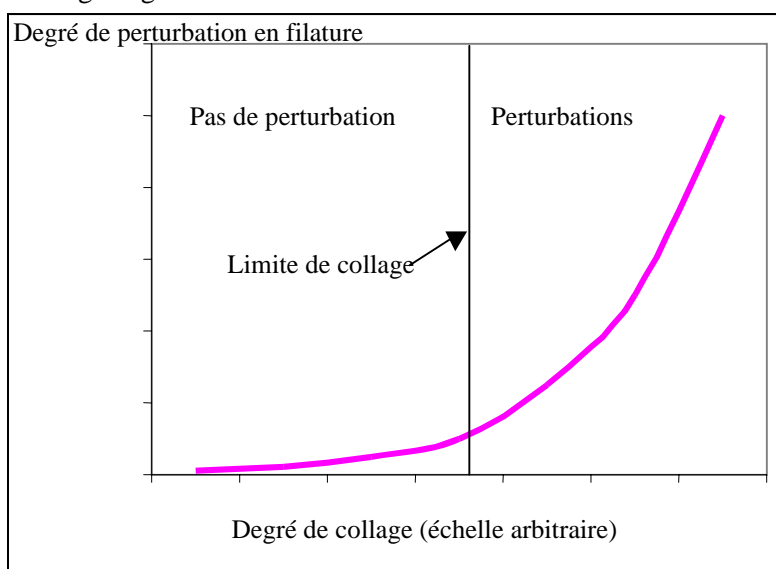


Figure 3-15 : Relation attendue entre collage et problèmes en filature.

D'un point de vue pratique, il a d'abord été nécessaire de trouver le meilleur estimateur actuel du collage. Cela a été fait en prenant en compte le principe, la précision, le coût et le temps nécessaire à la mesure valide dans le projet. Trois méthodes, le SCT, la méthode HPLC et le H2SD, ont été comparées pour leur capacité à prévoir les problèmes en filature à la fois en terme de productivité et de qualité.

L'appareil de mesure H2SD a été retenu car ses résultats sont mieux corrélés aux paramètres de productivité et de qualité. Cependant, il doit être mentionné que certains taux de sucres mesurés sur HPLC sont également corrélés avec quelques paramètres directement liés aux sucres qui imposent des problèmes spécifiques en filature. Le SCT n'a pas été choisi, même si quelques relations ont été présentées dans ce rapport, car un effet opérateur important est possible sur les lectures, comme mentionné dans le chapitre relatif à la composante A de ce projet.

Après une répartition des points collants en trois classes de tailles correspondant à "small ou petit", "medium ou moyen" et "large ou gros" sur H2SD, les expérimentations n'ont pas montré de tendance significative avec les paramètres mesurés. Cela ne veut pas dire que cette variable de taille de point n'a pas d'effet sur la filature. Des développements complémentaires sont en cours pour améliorer encore le système d'analyse d'image de manière à ce que la taille mesurée soit plus proche de la surface réelle dans le coton. Une mesure plus précise de la taille des points collants pourrait conduire à une révision complète de toutes les conclusions de ce rapport. En effet, il est probable qu'un changement dans la

distribution de la taille des points collants puisse apparaître, et que ce changement affecte les relations existantes avec la filature. Dans ce cas, il est possible que les différentes classes de tailles de points collants expliqueront certains problèmes de productivité et de qualité en filature.

Les conclusions édictées dans ce document sont hautement dépendantes des conditions de tests des expériences en filature industrielle. Ainsi, le type de machines, leur marque (sous-entendu le savoir-faire des constructeurs de machines textiles), leurs réglages, les conditions ambiantes, le type de travail (travail extensif ou intensif), le niveau d'automatisation, ... peuvent tous jouer un rôle important dans la manière dont le collage affecte leur travail, et ainsi dans les relations qui ont été décrites.

NB : Toute déduction faite des graphes montrés dans ce rapport ne sera représentative que de nos conditions d'expérimentations sur des échantillons spécifiques.

De l'expérimentation en conditions industrielles et de ses conditions spécifiques, nous avons appris, comme on l'espérait, que la zone sans perturbation peut exister pour certains paramètres de quantité et de qualité. Cependant, leur gamme peut varier en largeur de plage de collage mesuré par H2SD. Cela montre que les paramètres de productivité et de qualité peuvent être affectés par de faibles niveaux de collage, alors que d'autres paramètres ne seront pas aussi sensibles à un changement de niveau de collage.

Un niveau spécifique de collage a été trouvé à la carde où les fibres sont nettoyées presque individuellement. A cette étape, les effets du collage sont plus marqués et ont rendu impossible le cardage des cotons les plus contaminés.

Cette recherche ne peut pas conduire à trouver un seuil critique de collage pour la filature mondiale car les machines utilisées sont très différentes au point que certains pays sont spécialisés dans la filature de cotons très contaminés, alors que d'autres ne peuvent pas accepter ne serait-ce que des traces de collage dans les fibres.

Ainsi, si une procédure de classification est mise en place, des seuils de classification seront nécessaires pour chaque client à des niveaux qui dépend de leur capacité à travailler des fibres de collage donnés. Cela devrait être décrit dans une forme de contrat entre les deux parties. L'organisation d'une telle classification induira des changements dans la manière de regrouper les balles selon leur homogénéité de collage.

Des expérimentations complémentaires sur les changements d'humidité relative (HR) ont indiqué des solutions possibles pour lutter contre le collage. Ces expériences ont montré que les paramètres de productivité étaient améliorés en baissant l'humidité relative, et quelques paramètres de qualité étaient également améliorés sinon stabilisés en comparaison avec une filature aux conditions normales de filature. Un effet net de HR et du collage sur la micro-filature a été observé comme attendu. Un premier effet croissant est observé sur quelques paramètres de productivité pour la filature conventionnelle et open-end quand les conditions ambiantes deviennent plus humides dans le laboratoire de filature. Il existe également un effet croissant du collage sur les paramètres de qualité qui va vers les mauvaises valeurs de tous les paramètres de qualité.

Comme il est difficile de choisir une gamme de cotons qui diffèrent seulement par leur niveau de collage, les caractéristiques technologiques des fibres peuvent également interagir avec les conclusions tirées dans ces expériences. Cependant, la qualité des fibres étant assez homogène, la plupart des effets observés peuvent ainsi être supposés comme principalement dépendants du collage et des conditions ambiantes de filature.

La production de fil requiert quelquefois des interventions humaines qui ont pu avoir des conséquences sur la qualité du fil. C'est la raison pour laquelle nous avons observé quelques effets de saturation dans la relation entre le collage et les conditions d'humidité relative.

Les nombres de neps ont augmenté avec le collage et l'humidité relative, comme les mesures au régularimètre l'ont montré en analyse détaillée : cette augmentation est principalement due à la création de neps collants et de neps fibres dans le fil.

Mélanger un coton collant avec un non collant est une méthode appropriée pour diminuer le collage dans un mélange. Une formule simple a été déduite des résultats d'essais. Cependant, cette formule est limitée car elle n'est plus prédictive quand le niveau de collage devient important. Deux questions n'ont pas trouvé de réponse :

- les gros points collants peuvent être divisés dans des points plus petits pendant les opérations d'homogénéisation : ces plus petits points collants ont-ils le même comportement que les petits points 'naturels' en terme de conséquence dans la filature ?
- cette formule est-elle valide pour plus de deux constituants dans le mélange ?

Cette expérimentation a été réalisée avec des quantités de fibres relativement petites qui, après les opérations de mélange, ont montré des distributions de points collants comparables (indice de dispersion=1.7) à celui observé en industrie (indice de dispersion index = 1.9).

Il est essentiel de prendre cette information en compte quand des cotons d'une gamme de collage sont préparés pour vérifier ou étalonner les appareils de mesure. Les opérations de mélange sont d'autant plus difficiles que des cotons de faible collage sont mélangés avec des cotons non collants.

Pour résumer, il est maintenant possible de relier les résultats des deux premières composantes du projet. Des méthodes ont été développées pour évaluer la variabilité intra-balle du collage, puis évaluer, si les conditions restent stables, le nombre d'échantillons à prélever par balle et le nombre de mesures à réaliser sur les instruments de mesure.

Puis, des méthodes statistiques ont été décrites pour établir des seuils pour répartir les balles en lots différents en fonction de leur niveau de collage. Dans ce rapport, cette méthode a été utilisée à une classification en deux catégories pour séparer les cotons collants des non collants. La méthode peut être employée pour former plus de deux catégories de collage.

A partir des expérimentations en filature, nous avons vu qu'aucun seuil typique et unique ne peut être trouvé car chaque filature dans le monde possède son propre équipement et/ou son propre savoir-faire et/ou ses propres conditions économiques qui permettent à certaines de travailler des cotons très contaminés alors que d'autres ne le peuvent pas.

En conclusion, les seuils de classification ne peuvent être définis qu'entre le producteur et son client en accord avec des contrats négociés où les étapes les plus importantes des procédures de classification doivent être discutées en fonction des prix de la matière, de la classification, etc ... en respectant les normes. Cette approche est conforme avec le fait que toutes les normes mentionnent que si les conditions de tests sont différentes de la méthode recommandée, cela doit être mentionné dans les accords entre les parties .

Chapitre 4. Composante C : Evaluation de la viabilité financière du procédé, formation, dissémination des résultats du projet au travers de présentations, publications et transfert de technologie

Sur la base de données financières obtenues au cours du projet, une analyse financière a été préparée pour la troisième année du projet. Cette analyse a établi la viabilité financière et économique des méthodes utilisées au Soudan comme cas d'étude. Un modèle pour faire des projections de bénéfices pour d'autres pays est incluse dans le rapport. Les risques sont également clairement identifiés.

Output 3.1 Fournir les informations sur les activités et résultats du projet aux autres pays producteurs africains

Activité 3.1.1 Dissémination des informations sur les activités et résultats du projet au travers du réseau de producteurs africains CORAF.

Activité 3.1.2 Dissémination annuelle des informations sur les activités et résultats du projet au travers du réseau Coton Méditerranéen.

Output 3.2 Fournir des informations sur les activités et résultats du projet aux pays producteurs de coton hors Afrique

Activité 3.2.1 Séminaire annuel sur les efforts pour combattre le collage et ses effets conduits comme partie des rencontres du '*Committee on Cotton Production Research*' de l'*International Cotton Advisory Committee*, qui se tient en plénière, et fréquenté par les chercheurs des pays membres et des observateurs.

Activité 3.2.2 Organisation de programmes de formation pour des groupes sélectionnés de personnels d'organisations intéressées.

Activité 3.2.3 Organisation d'un séminaire international pour disséminer les résultats du projet.

Output 3.3 Rapport d'analyse financière

Activité 3.3.1 Pendant toute la durée du projet, des relevés de production, de classements, de prix du coton, ainsi que les coûts de mise en place des nouvelles technologies seront réalisés en relation avec les différentes qualités de coton et en fonction du collage.

Activité 3.3.2 A partir des données collectées en Activité 3.3.1, une étude financière détaillée sera réalisée par le PEA, avec possibilité de la réaliser en coopération avec un spécialiste du domaine, sur la viabilité en termes économiques et financiers de la détection du collage et le développement et l'application de méthodes post-égrenage pour permettre la transformation de cotons collants.

Output 3.4 Publication d'un manuel pour l'utilisation commerciale des résultats du projet.

Activité 3.4.1 En prévision du séminaire de l'Activité 3.2.3, un manuel sera préparé en anglais sur les procédures nécessaires à la séparation de coton collant du non collant.

Activité 3.4.2 Le manuel sera traduit en français et espagnol et sera distribué à tous les pays membres du CFC et de l'ICAC. Le manuel sera également disponible à tous les pays producteurs et organisations cotonnières au travers du secrétariat de l'ICAC. Le prix du livre sera déterminé par le CFC, après consultation du PEA et de l'ICAC.

4.1. Viabilité économique de balles séparées qualitativement pour la mesure de collage par H2SD

4.1.1. Situation actuelle au Soudan

Au Soudan, approximativement 300000 familles cultivaient le coton sur 280000 hectares pendant la saison 1996/1997. Les cultures irriguées comptent pour 90% de la production de fibres (approximativement 100000 tonnes annuelles). Deux types principaux de cotons sont cultivés :

- *Acala* : fibres moyennes, *G. hirsutum* ;
- *Barakat* : fibres extra long soie, *G. barbadense*.

Le type *Acala* englobe plusieurs variétés, la principale étant *Barac*. D'autres variétés sont produites en faibles quantités : *Shambat* pour la longue soie, *Albar* et *Acrain* pour les courtes soies. Les fibres longues et courtes soies ont été produites à seulement 1790 tonnes en 1996/1997, i.e. moins de 2% de la production totale.

La zone de culture, avec des champs assez dispersés, est située entre 10° et 16° Nord, et 30° et 36° degré Est. Les zones de coton sont divisées en bloc couvrant une moyenne de 4000 ha. Le rendement moyen en coton-graine est de presque 1 tonne/ha, i.e. 330 kg de fibre/ha. Deux tiers de la production de coton-graine est égrené au rouleau. Le rendement égrenage est de 34 à 35% pour le type *Acala* et de 32 à 33% pour *Barakat*. Le coton-graine arrive à l'usine en sacs de 315 livres. Les sacs contenant des cotons collants grâce à une détection visuelle sont retirés. Les autres sont triés en utilisant un classement visuel en trois groupes de coton-graine. Les sacs de même grade sont mélangés sans prendre en compte leur origine géographique et sont égrenés ensemble. Une usine avec 94 égreneuses rouleau produit 1000 balles / 24 heures, avec chaque balle pesant 191 kg (420 livres). Quatre balles sur 100 dans chaque lot sont classées manuellement et visuellement, et une balle est testée par HVI.

Les informations précédentes peuvent servir à estimer les besoins en matériels, laboratoires, efforts de maintenance, systèmes de conditionnement d'air, etc. Il est à remarquer que ces estimations sont basées sur l'hypothèse d'une décision 'politique' étant que la production entière sera classée pour le collage. A la fin de l'opération de classification, les balles seront ensuite groupées en lots de collage homogène.

Cette partie tente d'évaluer l'effet financier de cette opération de classement. Il ne prend pas en compte le fait que les cotons soudanais ont une réputation de collage car cette image doit s'améliorer grâce au travail de classification qui aura un effet sur le prix de vente.

4.1.2. Estimation du coût d'une classification au Soudan avec le H2SD

Le coût de classement avec le H2SD a été estimé aux USA pour être de US\$1.5 par balle (Watson, 1998). Cette estimation, basée sur un classement avec deux mesures H2SD par balle, inclut l'amortissement des instruments, les salaires et le coût de différents consommables et pièces détachées. L'approche envisagée par l'auteur est sans aucun doute inspirée par le classement HVI car il est bien établi aux USA depuis plusieurs années.

4.1.3. Conditions de classification avec le H2SD

Le coût de classement au H2SD peut être différent au Soudan principalement à cause de la différence des coûts de salaire. Un classement par balle de l'intégralité de la production soudanaise doit donc être évaluée dans les conditions suivantes :

- production annuelle : 500000 balles (400000 Acala et 100000 Barakat) ;
- échantillonnage : 2 échantillons par balle ;
- nombre de mesures : 1 mesure H2SD par échantillon ;
- cotons de référence : 2 cotons pour une vérification quotidienne des machines ;
- Durée de classification : 26 semaines (du 1^{er} janvier au 30 juin) ;
- Travail : 2 équipes 8 heures / jour x 5 jour par semaine ;
- Main d'œuvre : 2 techniciens par H2SD.

4.1.4. Nombre de H2SD

Avec une capacité d'analyse de 100 à 110 échantillons par heure, il est théoriquement possible qu'un H2SD analyse 800 échantillons par équipe de 8 heures. Cependant, en considérant l'analyse des cotons de référence, les pauses du personnel et les différentes manutentions des échantillons, il est raisonnable de limiter le rythme d'analyse à 600 échantillons, i.e. 300 balles par machine et par équipe de 8 heures.

Le nombre de H2SD nécessaire à classer 500000 balles en 26 semaines est :

$$= \frac{500000}{300 \times 2 \times 5 \times 26} = 6.4$$

i.e. 7 H2SD pour classer 500000 balles en 26 semaines.

4.1.5. Cotons de référence (cotons standard)

Une vérification de chaque H2SD est nécessaire à chaque début d'équipe, et ensuite toutes les deux heures pour garantir des lectures stables. De la même manière que pour une classification par HVI, deux cotons de référence (standards) de niveau de collage garanti (un faiblement collant et un autre très collant) doivent être analysés. Cinq vérifications des H2SD sont donc réalisées sur deux standards chaque 8 heures.

Trois ou quatre grammes de coton sont nécessaires pour chaque mesure H2SD. Avec deux mesures par coton, le poids total de standard requis est :

$$4 \times 2 \times 5 \times 2 = 80 \text{ g de chacun des standards par jour.}$$

Sur 26 semaines, cette masse augmente jusqu'à 10.4 kg/coton, i.e. un total de 20.8 kg pour les deux cotons standards.

4.1.6. Consommation de feuilles d'aluminium

Pour chaque mesure, le H2SD consomme 30 cm de feuille d'aluminium.

Le nombre de mesures (échantillons de balles et de standards) est :

$$500\,000 \times 2 + 5\,200 = 1\,005\,200 \text{ mesures}$$

La consommation d'aluminium est de : $0.3 \times 1\,005\,200$, i.e. 302 km.

4.1.7. Main d'œuvre

Avec deux opérateurs par machine, le nombre de techniciens dans chaque équipe est de 2×7 , soit un total de 28 techniciens.

Avec une personne dans chaque équipe pour organiser l'alimentation et la préparation des échantillons, le nombre total de techniciens est de 30 personnes.

L'équipe de management peut être limitée à 4 personnes : 2 chefs d'équipe et 2 ingénieurs.

Le personnel se compose donc de :

- 30 techniciens,

- 2 chefs d'équipe,
- 2 ingénieurs.

Le Tableau 4-1 présente les coûts estimés pour un laboratoire de classement situé à Wad Medani près du Gézira (la zone de production la plus importante au Soudan). Cette localisation réduirait les coûts de collecte des échantillons et permettrait l'utilisation d'une infrastructure existante sous la forme du laboratoire de l'ARC. Ainsi, si un autre site est choisi, certaines estimations devront être modifiées, notamment le coût d'échantillonnage (transport et salaires) et celui des équipements déjà présents dans le laboratoire ARC.

Le coût global de classement de 500000 balles est ainsi estimé à \$756060, i.e. US\$1.51 par balle. Cela est légèrement supérieur à l'estimation réalisée au USA (US\$1.25/balle). Il faut noter que l'estimation des USA ne détaille pas les différents coûts et peut ne pas prendre en compte les coûts de collecte des échantillons et ceux relatifs à l'analyse de données. Les USA disposent déjà d'un système de classement (HVI) qui inclut les coûts des deux opérations supplémentaires que nous avons pris en compte dans notre estimation dans le Tableau 4-1.

Même si le coût estimé excédait \$1.5 par balle, le classement serait encore rentable à cause de la décote financière qui est imposée au Soudan.

Il est important de noter que le vrai coût par échantillon pour des analyses seulement (sans échantillonnage et sans transport) est d'environ **0.388 US\$ / échantillon**.

Tableau 4-1 : Coût estimé d'un système de classement par H2SD, 2 mesures /balle (500000 balles).

Paramètre	Prix unitaire US \$	Coût US \$	Coût par balle US \$
7 H2SD (amortissement sur 5 années)	90 000	126 000	0.252
Aluminium : 302 km (Prix en France, sans TVA)	120	36 240	0.073
Maintenance et pièces détachées		30 000	0.06
1 système de conditionnement d'air (amortissement sur 10 ans)	100 000	10 000	0.02
Energie (130 000 kw/h) (Source: SCC)	0.35	45 500	0.091
Main-d'œuvre (6 mois):			
30 techniciens	420	97 200	0.194
2 chefs d'équipe	700		
2 ingénieurs	1100		
Echantillonnage (transport, manutention) (Source: SCC)		367 000	0.734
Analyse de données et communications (ordinateur, tel., fax, etc.)		20 000	0.04
Cotons standard (21 kg)	200	4 200	0.008
Divers (approx. 2.7% du sous total)		19 920	0.04
Total		756 060	1.51

4.1.8. Rentabilité de la classification

Le classement H2SD devient rentable si la différence entre les ventes avec ou sans classement est égale ou supérieure à son coût. La formule pour calculer le gain à la fin de l'opération est :

$$Gain = CA_{Classification} - CA - CC$$

$$= \sum_{i=1}^n P_i NB_i \left[\frac{X_i}{1 - D_i} + (1 - X_i)(1 - D_i') - 1 \right] - CC$$

(Equation 4-1)

Avec

i le type ou grade donné pour le coton (Acala, Barakat, ...).

P = Prix actuel de la balle.

NB = Nombre de balles.

X = proportion de balles non collantes.
D = Décote actuelle (sans classification).
D' = Décote attendue sur les balles collantes.
CC_{balle} = Coût de classification par balle.

Comment le gain varie-t-il en fonction des proportions X_i et des décotes D_i et D_i' ? Malheureusement, au vu du nombre de variables, il est impossible de donner une réponse graphique à cette question. Nous avons simplifié l'expression pour une présentation en tableau. Pour ce faire, nous avons raisonné par type de cotons vendus i car le nombre de balles vendues par type est suffisamment haut pour calculer précisément le gain produit par la classification.

Le gain par type de coton est donné par :

$$Gain_i = P_i NB_i \left(\frac{X_i}{1-D_i} + (1-X_i)(1-D_i') - 1 \right) - NB_i CC_{Balle}$$

(Equation 4-2)

4.2. Application numérique

Le gain peut être évalué pour la production totale de 500000 balles réparties en $n = 2$ types de coton :

- 1 : Acala (80% de la production totale), $NB_1 = 400000$ balles
- 2 : Barakat (20% de la production totale), $NB_2 = 100000$ balles.

Le prix de la balle (420 livres) peut être établi à la valeur moyenne donnée dans par le *Cotton Outlook* pour 1998/99, i.e. : \$0.5714/lb pour Acala et \$0.7574/lb pour Barakat.

Sur la base de \$1.51/balle, (estimation donnée en Tableau 4-1), nous avons évalué le gain apporté par un classement pour différentes proportions de coton non collant X et la dépréciation des cotons classés comme collants D' , et cela pour plusieurs décotes D couramment imposées sur toute la production soudanaise en absence de classification.

Les Tableau 4-2 et Tableau 4-3 présentent les gains suite à un classement pour les types Acala et Barakat pour différentes proportions X et dépréciation D' dans le cas où la décote actuelle est considérée être $D = 7\%$.

Le classement n'est pas toujours positif car il est hautement dépendant de la proportion de cotons classés non collants et de la décote des balles classées comme collantes.

Par exemple, si la proportion de non collant dans le type Acala est $X = 30\%$ et la décote imposée en l'absence de classement est de $D = 7\%$, le classement des balles Acala va conduire à une perte même si la décote de 70% des balles classées comme collantes est aussi basse que $D' = 3\%$ (pertes à $D' = 3\%$ d'une valeur de \$452264).

Tableau 4-2 : Gain (millions de US\$) suite à un classement des balles Acala en deux catégories, collant et non collant, pour différentes proportions de non collants X et pour différentes décotes pour les balles collantes D' . Décote en l'absence de classement $D = 7\%$ et coût de classement CC_{Balle} = \$1.51/balle.

X%	D'								
	3	5	7	10	12	15	20	30	35
0	- 3.5	- 5.4	- 7.3	- 10.2	- 12.1	- 15	- 19.8	- 29.4	- 34.2
20	- 1.5	- 3.0	- 4.5	- 6.8	- 8.4	- 10.7	- 14.5	- 22.2	- 26.0
40	0.6	- 0.9	- 1.7	- 3.5	- 4.6	- 6.3	- 9.2	- 15	- 17.8
60	2.6	1.8	1.0	- 0.1	- 0.8	- 2.0	- 3.9	- 7.8	- 9.7
80	4.6	4.2	3.8	3.2	2.8	2.3	1.3	- 0.5	- 1.5
100	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6

Tableau 4-3 : Gain (millions de US\$) suite à un classement des balles Barakat en deux catégories, collant et non collant, pour différentes proportions de non collants X et pour différentes décotes pour les balles collantes D' . Décote en l'absence de classement $D = 7\%$ et coût de classement $CC_{\text{Bale}} = \$1.51/\text{balle}$.

X%	D'								
	3	5	7	10	12	15	20	30	35
0	- 1.1	- 1.7	- 2.4	- 3.3	- 3.9	- 4.9	- 6.5	- 9.7	- 11.3
20	- 0.4	- 0.9	- 1.5	- 2.2	- 2.7	- 3.5	- 4.7	- 7.3	- 8.6
40	0.2	- 0.1	- 0.5	- 1.1	- 1.5	- 2.1	- 3.0	- 5.0	- 5.8
60	0.9	0.6	0.4	0.0	- 0.2	- 0.6	- 1.2	- 2.5	- 3.2
80	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.8	0.5	- 0.1	- 0.4
100	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2

Il est essentiel, pour obtenir une évaluation plus précise de l'efficacité économique du classement, d'établir non seulement la proportion de non collant et la décote appliquée en l'absence du classement, mais également de connaître la décote attendue pour les balles classées comme collantes.

La décote actuellement appliquée au coton soudanais est déduite d'information du marché et est estimée être comprise entre 7 à 12% du prix de vente. Evaluer les décotes attendues pour les balles classées collantes est plus difficile. Elles dépendent de plusieurs facteurs, particulièrement les effets économiques, et devront être évaluées sur la base de critères d'objectifs prenant en compte les dommages causés par les cotons collants.

4.3. Conclusion

Les résultats obtenus montrent clairement la faisabilité d'un système de classement qualitatif du collage avec le H2SD (*High Speed Stickiness Detector*). Le coût d'analyse par échantillon est d'environ 0.388 US\$ auquel il faut ajouter l'échantillonnage et le transport des échantillons vers le laboratoire. Dès que le collage de chaque balle a été déterminé, le producteur peut fixer un seuil de collage et garantir que le collage des balles qu'il livre est inférieur à la limite demandée par les clients. L'efficacité d'une telle procédure de classement dépend directement de la distribution intra-balle du collage. Il est donc essentiel d'évaluer cette distribution localement car elle peut varier d'un bassin de production à un autre.

Il est également possible d'adapter cette procédure de classement par H2SD à plusieurs catégories de collage. Pour ce faire, il serait suffisant de considérer la limite supérieure de chaque classe de collage comme un seuil critique et procéder ainsi grade par grade de la même manière que pour les deux classes collant et non collant.

L'efficacité économique d'un classement par H2SD a été estimée pour différentes décotes appliquées au prix de vente du coton des balles comme collantes, en fonction des différentes proportions de balles non collantes et en fonction d'une décote appliquée sur la production ayant une réputation de collage.

Le système de classement nécessite plusieurs H2SD pour analyser toute la production du pays. La répétabilité entre machines devra être évaluée pour évaluer la précision des résultats et leur reproductibilité. Des études d'évaluation de la répétabilité entre mesures sont en cours au C en partenariat avec plusieurs laboratoires américains et européens.

Un système de classement en plusieurs classes de collage peut être envisagé (par exemple non collant, collant, très collant). Il a été observé que plus le coton est collant plus il cause de dommages. Ainsi, la décote imposée sur le prix de vente des balles collantes pourrait être pondérée par le niveau de collage. Cela obligerait les producteurs à classer les balles en plusieurs catégories. La méthodologie est la même que celle développée pour répartir en deux classes, seule la gestion des lots serait différente et surtout plus coûteuse.

4.4. Dissémination des résultats

Les prochains papiers ont été publiés et les communications présentées au cours du projet. Les autres membres du projet peuvent également avoir fait des présentations des données :

4.4.1. Publications

- Fonteneau Tamime O., Gozé E., Frydrych R., Dréan J.-Y. Qualitative Classification of Cotton Stickiness in H2SD High Speed Stickiness Detector. Accepted by Textile Research Journal.
- Fonteneau Tamime O., Frydrych R., Dréan J.-Y. Carded Spinning of sticky cotton. Part 1 : Stickiness effects on productivity. Accepted by Textile Research Journal.
- Fonteneau Tamime O., Gourlot J.-P., Gozé E. Carded Spinning of sticky cotton. Part 2 : Stickiness effects on quality. Accepted by Textile Research Journal.

4.4.2. Présentations

- Frydrych R., Tamime O., Gourlot J.-P., Gozé E., Le Blan T., Ahmed S. F., Abdin M. A, 2000, Sticky cotton effects on the carded spinning process, Cotton Beltwide Conferences, San Antonio (TX), USA, January 3rd to 10th, 2000.
- Chanselme J.-L., Fadlalla A.S., Goze E., Tamime O.F., Abdelatif A.H., 1998, Investigation of within-bale variability of stickiness measurement, World Cotton Conference 2, Athens (Greece), September 6th to 13th, 1998.
- Gozé E., Fonteneau Tamime O., Frydrych R., Gourlot J.-P., Dréan J.-Y., Nieweadomski J.-C., Lassus S., Goebel C. et Francalanci Ph., 1999, Avancement du Projet Soudan : Improve the Marketability of the Cotton Produced in the Zones Affected by Stickiness, Actes des Journées Coton du CIRAD, Montpellier, July 19th to 23th, 1999, pp. 259-262.

4.4.3. Posters

Tamime O., Gozé E., Frydrych R., Gourlot J.-P., 1999, Dréan J.-Y., 1999, Classement des balles de coton selon leur potentiel de collage mesuré par le High Speed Stickiness Detector (H2SD), Doctoriales de l'Université de Haute Alsace in Mulhouse (France), Mai 1999.

4.4.4. Séminaires

- PhD presentation by Fonteneau Tamime O., June 26, 2000.
- Seminar ' Journée d 'information sur la mesure et la lutte contre le collage des fibres de coton ', June 26, 2000, Montpellier.
- Presentation of the results of the Project in Sudan, end of 2000 : J.-P. Gourlot s'est rendu au Soudan en décembre 2000 pour présenter les informations collectées pendant le projet à 75 personnes représentant la SCC, l'ARC, les égreneurs, les planteurs. Un rapport a été présenté en 190 diapositives relatant les résultats valides à ce moment.
- Séminaire de clôture du projet en juillet 2001 à Lille. Les actes seront disponibles sur CD sur demande à l'ICAC.

4.4.5. Autres informations

Le collage est un problème mondial qui est le sujet d'efforts considérables en recherches. Une liste non exhaustive des groupes travaillant sur le sujet est donnée ci-après :

– International Textile Manufacturers Federation (ITMF) :

Organisation d'un round test utilisant les détecteurs de collage.

Probable recommandation du H2SD et/ou d'autres appareils de mesure du collage par ce comité.

- Comité Européen de Normalisation (CEN) :

Working Group on standardization for SCT.

Working Group on standardization for H2SD.

Working Group on standardization for FCT/FQT.

Chapitre 5. Conclusion finale

Le collage augmenterait. Beaucoup d'auteurs dans la bibliographie donnent différentes raisons de cette augmentation, par exemple le changement d'insecticide, une résistance possible aux insecticides, modification dans les machines de transformation, etc. Beaucoup de pays producteurs sont affectés par le collage, et l'ICAC a décidé de défendre un premier projet en 1993 pour contrôler les insectes à la cause du collage au champ. Ce projet est connu sous le titre « Sticky cotton : possible control methods from the plant to yarn ».

En parallèle, des méthodes d'évaluation du collage étaient requises pour certifier la qualité des balles pour leur commercialisation. Ainsi, un nouveau projet de titre « Improvement of the Marketability of the Cotton Produced in Zones Affected by Stickiness » a été proposé pour aborder quelques questions de base et développer une méthode pour caractériser le collage.

Ce projet, également défendu par l'International Cotton Advisory Committee, et financé par le Common Fund for Commodities, a été réalisé par l'ARC et la SCC au Soudan, et par l'IFTH et le CIRAD en France avec l'aide de l'ICAC.

L'objectif principal du projet est d'augmenter les revenus aux planteurs au travers du développement de méthodes fiables pour évaluer le collage des balles de coton, et déterminer (dans des conditions industrielles) les seuils opérationnels pour la transformation des coton collants.

Une balle est déclarée « collante » si, durant une étape de transformation, par exemple la filature, son collage perturbe la transformation, réduit les performances des machines de filature ou diminue la qualité des produits finaux.

Il faut mentionner qu'une classification requiert un outil de mesure, des conditions appropriées pour cet outil, et une organisation de production de coton optimisée. Toutes ces conditions auront un impact sur le succès d'un tel système de classification.

5.1. Classification qualitative du collage

Dans cette partie du projet, nous avons étudié des méthodes de gestion du coton pour établir une classification pour sa commercialisation.

Comme prévu dans le projet, le thermodétecteur SCT, qui est estimé comme un bon prédicateur des problèmes rencontrés en filature et qui est l'appareil de mesure recommandé par l'International Textile Manufacturers Federation, a été utilisé pour séparer les balles collantes selon le nombre de points collants. Cette méthode a montré ses limites comme outil de classification car les résultats peuvent être faussés par un effet opérateur. Dans la deuxième partie du projet, il a été décidé d'utiliser le H2SD en remplacement du SCT car il a été démontré qu'il est plus précis et plus rapide.

Les balles peuvent être classifiées pour le collage de plusieurs manières :

- par une classification quantitative, où chaque balle porte son nombre de points collants et son intervalle de confiance associé ;
- séparation en deux catégories, 'collant' et 'non collant', selon un seuil déterminé appelé seuil critique de collage.

Les deux méthodes requièrent la connaissance de la distribution intra-balle des points collants. La classification qualitative a été choisie car elle semble plus adaptée à la situation.

Il a été montré à partir d'une expérimentation que les points collants étaient distribués de manière agrégative : le nombre de points collants dans les balles suivent une loi de distribution binomiale négative dont le paramètre de forme et d'homogénéité a été estimé pour toutes les balles.

Le but de la classification est de garantir une certaine qualité pour une balle donnée. Cependant, comme les caractéristiques de fibres ont montré des variabilités intra et inter balle, les échantillons d'une balle ou d'un lot peuvent donner des résultats différents qui peuvent conduire à des réclamations. Cela est particulièrement le cas quand le producteur et son client obtiennent des résultats différents pour une même balle.

Pour le classement du coton, au moins qualitativement, le risque de réclamation en cours (le risque de litige) doit être évalué et les conditions d'échantillonnage et de classification doivent être organisées en conséquence.

C'est pourquoi des tables ont été établies sur la base de simulations qui ont pris en compte :

- la loi de distribution observée,
- les besoins des producteurs en termes de contraintes de production,
- la classification et le groupement de balles de qualité homogène,
- les besoins des acheteurs,
- et une partie du coût économique de l'opération.

Dans ces conditions, la méthode de classification utilisée par le producteur doit être basée sur un seuil inférieur à celui utilisé par l'acheteur, et ainsi réduit le risque de litige.

L'étendue du collage a également été vérifiée au Soudan. Plusieurs milliers d'échantillons, produits par huit usines d'égrenage situées dans différentes zones géographiques, ont été analysés sur H2SD. Les résultats montrent que quelques zones géographiques sont plus contaminées que d'autres. Il est alors possible de développer une stratégie de suivi de détermination du collage en concentrant les mesures sur les zones où la classification est la plus utile.

5.2. Mesure du collage et relation avec les problèmes en filature

Une partie de l'étude a porté sur la filabilité des cotons collants grâce à la transformation de plusieurs balles collantes couvrant une vaste gamme de collage. Pendant la filature de ces balles, les casses, les arrêts, et les problèmes techniques ont été enregistrés et utilisés pour calculer les rendements de toutes les machines de filature.

Quelques échantillons, prélevés depuis l'ouverture de la balle jusqu'au ruban, ont été utilisés pour suivre les changements de collage au cours du processus. Différentes techniques ont été utilisées pour mesurer le collage : le thermodétecteur SCT, le H2SD et la méthode HPLC. La qualité des rubans, des mèches et des fils ont également été suivies par l'analyse d'échantillons prélevés à différentes étapes de la filature depuis le coton jusqu'au fil.

Les tests de filature ont été conduits en cycle cardé par les deux techniques principales de filature (filature conventionnelle et open-end), sous des température et humidité relative généralement recommandées pour une filature sans collage.

Quelques relations ont été notées entre les différents niveaux de collage et les critères de production et de qualité et ont été utilisées pour définir le meilleur indicateur actuel du collage, à savoir le nombre de points collants déterminé par le H2SD.

Cet appareil, en plus de fournir des résultats le mieux corrélés avec les critères de productivité (casses et rendements) et aux critères de qualité (régularité, imperfections et propriétés de résistance de fil), est l'appareil le plus rapide et le plus adapté aux applications industrielles pour la détection du collage dans les balles.

Les autres méthodes de mesures étudiées, c'est-à-dire le SCT et les pourcentages de sucres mesurés par HPLC, étaient souvent corrélées aux critères de production et de qualité, mais les coefficients de détermination (R^2) n'égalaien généralement pas ceux obtenus avec le nombre de points collants donnés par le H2SD. De plus les mesures chimiques par HPLC ne sont pas adaptées à une utilisation industrielle car c'est une méthode chère et longue.

Les résultats de cette étude ont montré que le banc à broches était la machine la plus sensible au collage. Des pertes considérables de rendement peuvent être observées en fonction du niveau de collage à cause des casses et des enroulements qu'il occasionne autour des cylindres.

La filature open-end a semblé être moins sensible au collage que la filature conventionnelle. La perte de rendement due au collage est graduelle avec une pente légère alors que le taux de casses en filature conventionnelle augmentait rapidement avec le collage.

Une autre différence visible entre les deux techniques de filature concerne la qualité du fil. Alors que la qualité des fils conventionnels (coefficient de variation pour la masse, imperfections, ténacité) dépend fortement du collage et est détériorée quand le collage augmente, les propriétés des fils open-end ne sont que faiblement sensibles au collage.

Il faut se rappeler que cette expérience a été conduite pour déterminer un seuil pour séparer les balles non collantes des collantes. Cependant, à cause de cette augmentation graduelle des incidents avec le

collage, il n'a pas été possible de déterminer un seuil unique et général à partir duquel les problèmes de filature deviennent trop importants.

En fait, le seuil dépend du nombre d'incidents acceptés par l'acheteur. Les taux de casses doivent rester comparables d'une balle à l'autre pour un même nombre de points collants H2SD.

Au vu du travail important qui serait nécessaire pour lister tous les incidents pour une balle, un faible nombre de balles pourrait être utilisé pour établir, de manière imprécise seulement, la relation entre taux de casses acceptable et le seuil de collage.

Quelques tests ont été conduits en cycle peigné pour étudier les relations entre collage et perturbations des machines spécifiques utilisées dans ce cycle de transformation : la peigneuse et l'étirage à surface gauche. Cependant, comme la gamme de collage était assez limitée, l'étude a porté sur un jeu de balles qui avaient un faible potentiel de collage.

Néanmoins, les quelques tests conduits ont montré que la peigneuse utilisée lors du projet semblait très sensible au collage, induisant un grand nombre de casses. Cela prouve que le collage peut poser problème dans les usines modernes.

5.3. Viabilité financière de la classification

Le coût de classement de toutes les balles au Soudan a été estimé ainsi que les gains financiers d'une telle méthode, en prenant en compte les décotes avec la réputation de collage et la proportion de balles dans la production. Le résultat de cette étude économique a montré que le coût de classement est de environ 1.5 \$US par balle (presque 50% de ce prix concerne le transport des échantillons vers le laboratoire car la collecte des échantillons n'est pas encore centralisée) pour un coût d'analyse de 0.388 \$US par échantillon. Un système de classement n'est économiquement viable que s'il conduit à des gains financiers et cela dépend des décotes appliquées de la proportion des balles non collantes. Cette étude a été conduite sur la base de beaucoup d'hypothèses qui devront être vérifiées car il est presque impossible d'obtenir des informations de prix et de décotes de la part du marché.

5.4. Solutions pour réduire les conséquences du collage

Il est connu que plus l'humidité relative est élevée, plus le nombre de perturbations induites par le collage est élevé et plus la qualité du fil est médiocre. Cet effet négatif a été confirmé en réduisant l'humidité relative à 40% dans une expérimentation spécifique.

Trois niveaux d'humidité relative (40, 45, 55%) ont été testées pour évaluer l'impact sur la productivité et la qualité du fil en micro-filature. Quelques tests conduits en filature industrielle ont confirmé que des balles impossibles ou difficiles à filer dans des conditions normales d'humidité relative peuvent être filées sans trop de perturbation à 38% HR. La qualité des fils a également été améliorée. Diminuer l'humidité relative pourrait apparaître comme une solution pour transformer les cotons collants.

Dans le cadre de ces études où chaque balle a été filée individuellement, il a été montré que le nombre de perturbations était relié au collage mesuré par H2SD. Dans les conditions industrielles, les cotons de différentes origines sont souvent mélangés ensemble.

La linéarité des comptages H2SD dans les mélanges de cotons collants et non collants a été vérifiée sur des échantillons contenant 25, 50, 75 et 100% de coton collant.

Le collage du mélange a été déterminé comme la moyenne des valeurs de collage des constituants pondérée par leur proportion dans le mélange (si le coton collant compte moins de 50 points mesurés par H2SD).

Bien qu'il n'y ait pas de doute que cette observation doit être vérifiée dans un essai industriel et en prenant en compte la qualité des fils produits, il semble raisonnable d'imaginer que le mélange du coton collant et du non collant peut réduire l'incidence des problèmes techniques en filature à niveau acceptable.

5.5. Perspectives

Le contrôle du collage nécessite une approche globale où les améliorations des variétés, en agronomie, en lutte contre les insectes et en technologie doivent être conduits en parallèle. La classification est un des outils pour combattre le collage. Les résultats de mesure peuvent aider, grâce à une cartographie, à faire des progrès dans tous les autres moyens de lutte pour réduire le collage, comme la génétique et le développement de nouvelles techniques culturales grâce à des approches de lutte intégrée, ou la gestion des stocks de coton-graine, etc.

Sur le long terme, la classification est un outil qui devrait être économiquement viable et devrait assurer une amélioration de l'image des cotons soudanais.

Abréviations et acronymes

ICAC	-	International Cotton Advisory Committee, Washington (USA)
CFC	-	Common Fund for Commodities (Netherlands)
SCC	-	Sudan Cotton Company (Sudan)
ARC	-	Agricultural Research Corporation (Sudan)
ITF	-	Institut Textile de France (France) newly renamed as IFTH
CI	-	Cotton Incorporated, Cary, NC (USA)
ITMF	-	International Textile Manufacturers Federation (Switzerland)
CIRAD-CA	-	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - Département des Cultures Annuelles (France)
USDA	-	United States Department of Agriculture

LISTE des APPAREILS de LABORATOIRE

FMT	: Fineness Maturity Tester
H2SD	: High Speed Stickiness Detector
HPLC	: High Performance Liquid Chromatography
HVI	: High Volume Instrument
SCT	: Sticky Cotton Thermodetector
UT3	: Uster Tester 3
Tensorapid	: Uster Dynamometer

INFORMATION

La citation de marques ou de nom d'équipements dans ce document ne constitue à aucun titre une recommandation pur lesdits équipements.

LISTE de VARIABLES

SCT: nombre de points collants au SCT
H2SD: nombre de points collants H2SD
Small: nombre de points collants dont la taille est entre 1.7 et 9 mm²
Medium: nombre de points collants dont la taille est entre 9 et 18 mm²
Large: nombre de points collants dont la taille est supérieure à 18 mm²
TMH2SD: taille moyenne des points collants H2SD
TTH2SD: taille totale des points collants H2SD
I: inositol
T: trehalose
G: glucose
F: fructose
W: trehalulose
S: saccharose or sucrose
M: melezitose
Stotal: pourcentage de sucres totaux
C-CT100km: total casses par 100 km de ruban de carde
C- Efficiency: rendement de la carde
E1-CT100km: total casses par 100 km de ruban de premier passage d'étirage
E1-Efficiency: rendement du premier passage d'étirage
E2-CT100km: total casses par 100 km ruban de deuxième passage d'étirage
E2-Efficiency: rendement du deuxième passage d'étirage
B-CT100km: total casses par 100 km sur banc à broches
B-Efficiency: rendement banc à broches
CAF-TC1000BH: taux de casses par 1,000 broches/heure sur continu à filer conventionnel
OE-Efficiency: rendement de la machine open-end
OE-Y-P240BH: nombre de rattaches par heure pour 240 positions open end
OE-LR240BH: nombre d'interventions par heure pour 240 positions open end.
C-CV%: CV% masse sur ruban de carde
E1-CV%: CV% masse sur ruban de premier passage d'étirage
E2-CV%: CV% masse sur ruban de deuxième passage d'étirage
B-CV%: CV% masse sur mèches de banc
CAF-UT3-CV%: CV% masse sur fil conventionnel
CAF-UT3-50%: Nombre de finesses par km de fil conventionnel
CAF-UT3+50%: Nombre de grosseurs par km de fil conventionnel

CAF-UT3-Neps: Nombre de neps par km de fil conventionnel
CAF-Hairiness: Pilosité du fils conventionnel
CAF-Elongation: Allongement (%) du fil conventionnel
CAF-Strength: Ténacité du fil conventionnel (cN/tex)
CAF-Work: Travail à la rupture (N.cm) du fil conventionnel
OE-UT3-CV%: CV% masse du fil OE
OE-UT3-50%: Nombre de finesses par km de fil OE
OE-UT3+50%: Nombre de grosseurs par km de fil OE
OE-UT3-Neps: Nombre de neps par km de fil OE
OE-Hairiness: Pilosité du fil OE
OE-Elongation: Allongement du fil (%) OE
OE-Strength: Ténacité (cN/tex) du fil OE
OE-Work: Travail à la rupture (N.cm) du fil OE
 χ^2 : Variable d'une distribution de Chi²
 α : Niveau de confiance de première espèce
+B: Degré de jaune
H: Finesse linéique des fibres (mtex)
HS: Finesse standard (mtex)
IM: Micronaire
k: Facteur de forme pour la distribution binomiale négative
m: Paramètre de la distribution binomiale négative (moyenne)
ML: Mean length (mm)
MR: Maturity ratio
PM%: Percent of mature fibers (%)
Rd%: Réflectance (%)
RL: Risque de litige
SCE: Somme des carrés des écarts
UHML: Upper Half Mean Length (mm)
UI%: Uniformity index (%)

